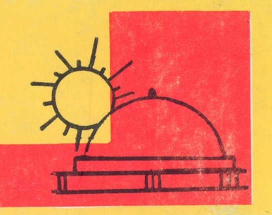
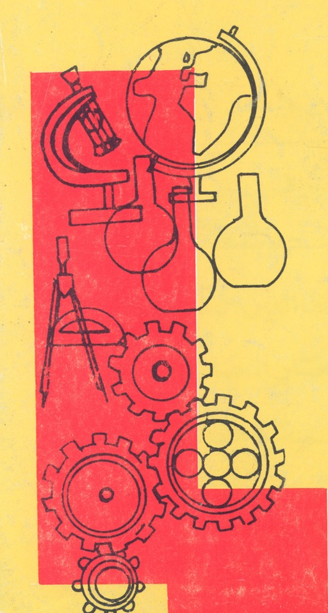
٢٤





قصة الأوزون

د. زين العابدين متولى





٢٤

العلم و الحياة

الاخراج الفنى

على بــركة

قصة الأوزون

تأليف

د. زين العابدين متولى



الهيئة المصرية العامة للكتاب

١٩٩٢

تقـــديم

الأوزون هو الغاز الذى يتـكون جزيئـه من ثلاث ذرات أكسجين ونسبة تواجـده فى الغـلاف الهـوائى بالنسبة لبعض الغازات الأخرى صغيرة جدا ٠

عرف الانسان منذ عدة سنوات أهميـة طبقة غاز الأوزون للحياة على سطح الأرض ٠ وبالرغم من صغر الكميـة الكليـة لغاز الأوزون اذ أن متوسـط كميته لا يزيد عن ٣٥٠ وحدة من وحدات دويسون (وحـدة الدويسون تساوى جزءا واحدا من الألف من السنتيمتر على السنتيمتر المربع عند سطح الأرض فى معدل الضغط ودرجة الحرارة) ولكنها تحمى الانسان والحيوان والنبات وكل الكائنات الحيه من أخطار الأشعة فوق البنفسجية منذ عدة ملايين من السنين مضت وان شاء الله سـوف يستمر وجودها الى أكثر من عشرات البلايين القادمة ٠

كمية الأوزون المـوجودة فى طبقة التروبوسـفير

صغيرة جدا اذا ما قورنت بنظيرتها فى الاستراتوسفير وهذه الكمية الصغيرة لا يمكن اهمال تأثيرها على الجـو المحلى من حيث توزيع درجات الحرارة كما أنه يؤثر على عناصر جوية محلية أخرى ، ومصدر وجود غاز الأوزون فى طبقة التروبوسفير يرجع الى عاملين أساسيين : الأول هو نقل الأوزون من طبقة تكونه فى الاستراتوسفير الى طبقة التروبوسفير ويحدث هـذا فى المنـاطق الغنيـة بالأوزون (المناطق المعتدلة والقطبية) ويتم هذا النقل طبيعيا ولا ينتظر أن يتغير هذا النقل بمرور الوقت ٠ والعامل الثانى التفاعلات الكيميائية التى تحدث داخل طبقة التروبوسفير فى الهـواء النقى أو الهـواء الذى يحمل ملوثات وعلى العموم فمعلوماتنا عن هذه التفاعلات مازالت غير كافية لتفسير زيادة أو تناقص الكمية الكلية لغاز الأوزون ٠

وينتشر غاز الأوزون فى الجو مبتدءا من سـطح الأرض وحتى ارتفاع ٦٠ كيلو مترا والنهـاية العظمى لتركيزه تظهر فى طبقـة الاستراتوسفير عنـد ارتفاع يتراوح بين ٢٥ ، ٣٠ كيلو مترا وتكون أكبر قيمـة لتركيزه عند هذا الارتفاع حوالى ١٠ وحدات حجم من الغاز فى كل مليون وحدة حجم من الهواء ٠

يمتص غاز الأوزون الحزمة الضوئية من الاشعاع فوق البنفسجي الصادر من الشمس وتتراوح أطـوال موجات هـذه الحزمة من ٢٨٠٠ الى ٣٢٠٠ أنجستروم

ويطلق عليها الاشعاع فوق البنفسجي ب • واشعة هذه الحزمة حارقة قاتلة لجميع الكائنات الحية وبذلك يكون الأوزون هو المسئول الأول والأخير عن عدم وصول أشعة هذه الحزمة الى سطح الأرض وحماية الكائنات الحية من أخطارها •

وعندما يحدث نقص لغاز الأوزون فى الغلاف الجوى تزداد شدة سقوط الأشعة فوق البنفسجية على سطح الأرض وبذلك سوف تزداد أمراض العيون وسرطان الجلد ولهذه الأشعة تأثير ضار وفتاك على الأسماك والطحالب وكذلك على النباتات والأشجار وغيرها من الأحياء ويمتد هذا التأثير الى اتلاف اطارات السيارات والمواد البلاستيكية وكذلك الملابس المصنعة من البتروكيماويات •

وتشير التنبؤات باستخدام النماذج الرياضية عن وجود نقص فى نسبة تركيز غاز الأوزون فى طبقة الاستراتوسفير ويكون مقابل هذا النقص فى طبقة التروبوسفير هو زيادة فى تركيزه ويكون محصلة ذلك هو نقص فى الكمية الكلية للأوزون وزيادة فى درجات الحرارة المتوسطة عند سطح البحر •

وفى هذا الكتيب سوف نحاول تقديم تفسير لظاهرة النقص فى غاز الأوزون • خاصة وآن الميثان وثانى أكسيد الكربون يسببان زيادة فى الكمية الكليةللغاز آما الكلوروفلوركربون وأكاسيد النتروجين فيسببان نقصا

له والاتزان الطبيعي يحافظ عـلى ثبات نسبة تواجده العادية فى الطبيعة ٠

وليس هناك أى ضرر اذا أخذنا فى الاعتبار وجود نقص فى كمية الأوزون على الرغم من أن هذا غير مؤكد الى الآن ٠

لماذا لا يخاف الانسان من نقص كمية الأكسـجين اللازم لبقاء الحياة عـلى سـطح الأرض اذا اسـتمر فى استعمال مصادر الطاقة كالفحم والغاز الطبيعي والنفط حيث ان احتراق هذه الخامات يحول الأكسجين الى ثانى أكسيد الكربون ولكن الحسابات العلمية بينت أن كمية الأكسجين الجوى سوف تنقص فقط ١٥ر٪ أى تصـبح ٨ر٢٠٪ من حجم الهواء بدلا من ٩٥ر٢٠٪ وهذه كمية ضئيلة جدا وهذا يبين بوضوح أن الانسان بكل أنشطته ومحاولاته للتغيير فى مناخ الأرض لم ولن يستطيع ولو بعد حين أن يغير به حتى ولو قيد أنملة ٠

واذا أخذنا فى الاعتبار وجـود نقص فى كميـات الأوزون والأكسجين فيكون هذا اعترافا بقدوم أخطار جسيمة تنتج من جراء تأثير هذا النقص على مناخ الكرة الأرضية لا نستطيع علاجها فى المسـتقبل القـريب أو البعيد ولذلك يجب على علماء الطب والارصاد والنبات والحيوان والبيئة أن يهتموا بدراسة طبقة غاز الأوزون ومعرفة كل الخواص الكيميائية والفيزيائية لها ووضع خطط مستقبلية لدراسـة هـذه الطبقة ٠ وعمـل فرق

بحثية لدراسة خواص وتصرفات الملوثات التى يطلقها الانسان فى الجو وتسبب نقصا لغاز الحياة الأوزون والاهتمام من اليوم فصاعدا بدراسة تأثير تغير طبقة الأوزون على حياة الانسان والغلاف الحيوانى خاصة وعلى المناخ عموما ٠

مدخــل

●● من الطبيعى أن نبدأ استعراضنا لبعض العمليات التبادلية التى تتم داخــل الغلاف الجوى وخاصة التى تحدث بين غازات الجو فى الطبقة المحصورة بين سطح الأرض وحتى الطبقة النشطة كيميائيا التى تقع عند ارتفاع ٣٥ كيلومترا تقريبا وهذا ما يعــرف بالتبادل الراسى وكما أنه يوجد تبادل راسى فهناك تبادل آخر افقى وهذا التبادل الأفقى أقوى بكثير من التبادل الراسى وخاصــة على المدى الطويل • وكل من هذين التبــادلين يحــافظ على الاتزان الطبيعى للغــازات على خطوط العرض المختلفة وكذلك مع الارتفاعات المختلفة •

التبادل الرأسى (تيارات الحمل)

تيارات الحمل الرأسية تتكون نتيجة صعود هـواء الى أعلى وهبوط هواء آخر الى أسفل فى داخـل الرياح العامة للجو وتكون نتيجة هذه الحركة هـو نقـل بعض المواد والغازات من الارتفاعات الغنية بها الىالارتفاعات التى تفتقر اليها ومحصلة هذا فاننا نجد أن بخار المـاء وثانى أكسيد الكربون وأكاسـيد النيتروجين والميثـان والملوثات الموجودة فى الطبقة الدنيا للجـو تنتقـل الى الارتفاعات الأخرى ويوجد فى طبقة التروبوسفير بعض الظواهر التى تساعد على نقل المواد العالقة بالجو وكذلك الغازات من ارتفاع الى آخر مثـل العـواصف الرعدية والمنخفضات الجوية والدورة العامة للرياح ٠ وتوجـد سحب طبقية تمتد أفقيـا من ١٠ كيلومترات الى ٢٠٠ كيلو متر وترتفع رأسيا الى ارتفاع ٩ أو ١٢ كيلو مترا وهناك بعض السحب الطبقية المطرة قد تمتد رأسـيا الى ٢٠كيلو مترا ومن المحتمل أن تخترق قمم هذه السحب التروبوبوز وتدخـل عـدة كيلو مترات داخـل طبقـة الاستراتوسفير (شكل ١) ٠

ومعظم المياه التى تحملها تيارات الحمل داخل هذه السحب تتحول الى ثلوج ومثل هذا الحمل يحدث اختلاطا بين طبقتى الاسـتراتوسـفير والترويوسـفير عبر التروبوبوز ٠

والحركة الرأسية القوية المصحوبة بتفرق الهـواء

أو تجمعه وتظهر آثار هذه الحـركة فى أسـفل طبقة الاستراتوسفير التى تشتمل عـلى توزيع تدريجى رأسى قوى للأوزون ٠

ويوجد بهذه الطبقة تيارات حمل أفقية قوية وهى التى تسبب تغير الكمية الكلية للأوزون من يوم الى آخر فى المناطق التى تمر بها المنخفضـات الجـوية ويمـكن للهواء ذى السرعة العالية أن يحدث مثل هذا ٠

الاشعاع الشمسى :

عند تحليل الطيف الشمسى يتبين لنا بوضـوح ان الطيف عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ويمكن تقسيم هذا الطيف الى ثلاثة أجزاء كالتالى :

(أ) الأشـعة المرئية وتتراوح أطـوال موجاتهـا ٤٠٠٠ ـ ٨٠٠٠ أنجستروم ٠

(ب) الأشعة دون الحمراء وتتراوح أطوال موجاتها ٨٠٠٠ ـ ٢٠٠٠٠ أنجستروم ٠

(ج) الأشـعة فوق البنفسـجية وتتراوح أطـوال موجاتها ٢٠٠٠ ـ ٤٠٠٠ أنجستروم ٠

والجزء الأخير يمكن تقسيمه الى ثلاث حزم كالتالى:

الحزمة الأول : تسمى بالأشعة فوق البنفسـجية آ وتتراوح أطوال موجاتها من ٣٢٠٠ ـ ٤٠٠٠أنجستروم وقابلية الأوزون لامتصاص هذه الحزمة ضعيف ٠

الحزمة الثانية : وتسمى بالاشعاع فوق البنفسجى ب وتتراوح أطوال موجاتها من ٢٨٠٠ ــ ٣٢٠٠ ٠

الحزمة الثالثة : والأخيرة تسمى بالاشعاع فوق البنفسجى جـ وتتراوح ــ أطوال موجاتها من ٢٠٠٠ ــ ٢٨٠٠ ٠

وكل تقسيم من التقسيمات السابقة له خواص طبيعية وتأثيرات بيولوجية تختلف كل منها عن الأخرى والذى يهمنا فى هذا الموضوع هو معرفة الكثير عن خواص الأشعةالفوق بنفسجية ولذلك سوف نهتم بدراسة خواص تلك الأشعة دون سواها ٠

خواص الضوء فوق البنفسجى :

الضوء فوق البنفسجى هو عبارة عن أشعة غير مرئية ذات أطوال موجية قصيرة وطاقة تردد عالية أكثر من الضوء المرئى الذى أطوال موجاته تتراوح ما بين ٤٠٠٠ ــ ٨٠٠٠ أنجستروم ٠

والضوء البنفسجى الذى أطوال موجاته تقل عن ١٠٠٠ أنجستروم لا تصل الى ارتفاع ١٠٠ كيلو متر حيث ان هذا النوع من الأشعة يمتص عند ارتفاعات أعلى من ذلك وتمتص هذه الأشعة بواسطة جزئيات النتروجين وذرات وجزئيات الأكسجين ٠ أما الموجات التى أطوالها تصل الى١٢١٦ أنجستروم فيمكنها الوصول الى ارتفاع ٣٠ كيلو مترا والحزمة الضوئية التى أطوال

موجاتها تتراوح بين ١٨٠٠ ـ ٢٢٠٠ أنجستروم فهى تمتص بواسطة جزئيات الأكسجين وعن طريق هـــذا تتكون جزئيات الأوزون ، ويتم هذا الامتصاص عنـد ارتفاع ٢٥ كيلو مترا وهــذه الحزمة الضوئية أيضـا لا تصل الى ارتفاع الترويبوز .

وحزمة الضوء البنفسجى ب التى أطوال موجاتها تتراوح بين ٢٨٠٠ ـ ٣٢٠٠ أنجستروم تمتص بواسطة الأؤزون ولا تصل الى ســطح الارض .. أما فى حالة وجود نقص فى غاز الأوزون فيمكن لهذه الأشعة أن تنفذ فى الغلاف الجوى وتصل الى سطح الأرض وهذه الحزمة خطيرة وفتاكة بالكائنات الحية على سطح الأرض وهى التى تسبب الحــروق الجلدية وسرطان الجلد وتأثيرات بيولوجية أخرى كما أنها تؤثر عــلى الثروة الســمكية والطحالب وعلى عنصر الحياة DNA (ومعنى DNA هو رمز لجزىء حامض نووى وهــو المســئول عن نقل الصفات الوراثية بين أجيال الكائنات الحية) .

فى حالة صفاء السماء تبين الأرصاد أن المــوجات الضــوئية (فوق البنفســجى) التى أطوالهــا ٣٠٥٠ أنجستروم تقل شدتها الى ٣٠٪ فى حالة ما تكون الكمية الكلية لغاز الأوزون ٢٥٠ وحدة من وحدات دويســون وتقل شدتها بمقدار ٧٠٪ عندما تكون الكمية الكليــة لغاز الأوزون ٥٠٠ وحدة من وحدات دويســون وعــلى العمــوم فتأثير الأشــعة الفوق البنفسجية يظهر تأثيرها

بوضوح عندما تقل الكمية الكلية لغاز الأوزون بمقدار ٢٠٪ ·

واذا افترضنا أن شـــدة الأشـــعة للضـــوء فوق البنفسجي الضار بالانسان هي ١٠ وحدات من وحدات القياس عند خط الاستواء فتكون شدتها ٤ وحدات فقط فى المناطق المعتدلة · وعلى العموم فشدة هذه الموجات تتغير فى فصل الشتاء بين ١٠ وحدات الى واحدة وفى فصل الصيف تتغير من ١٠ وحدات الى ٦ وحدات وذلك من خط الاستواء الى المناطق المعتدلة ·

مما سبق يتبين لنا ان الانسان فى المناطق الاستوائية يمكنه تحمل ١٠ وحدات قياس للأشـــعة فوق البنفسجية وانسان المناطق المعتدلة يتحمل ٤ وحــدات أى أنه اذا زادت شــدة الأشعة فوق البنفسجية بمقــدار ٦٠٪ فى المناطق المعتدلة فسوف تتحملها جميع الأحياء هناك كما يتحملها سكان المناطق الاستوائية · اما اذا زادت شدتها فى المناطق الاستوائية فربما تكون النتيجة سيئة حتى ولو كانت هذه الزيادة بسيطة · وعلى كل حال فالزيادة التى تحدث لشدة الأشعة فوق البنفسجية الى الآن لا ضرر منها ويجب أن ندرس بدقة تأثير هذه الزيادة على الأحياء مستقبلا ·

والنبات يستطيع حماية نفســه طبيعيا من أخطار الزيادة فى شدة الأشــعة فوق البنفســجية وذلك بسبب وجود المادة السميكة والخلايا الميتة على أسطح سيقانه ·

تسمح مياه المحيطات الصافية بنفاذ ٨٠٪ من الأشعة فوق البنفسجية التى لا يقل أطوال موجاتها عن ٣٠٠٠ أنجستروم والمياه الشاطئية ومياه البحيرات والأنهار تمتص الموجات التى تكون أطوالها ٣٥٠٠ أنجستروم ٠

اكتشاف غاز الأوزون :

فى بداية عام ١٨٨٠م ٠ اكتشف العالم هارتلى وجود غاز الأوزون فى جو الأرض واستنتج أن هذا الغاز يمتص الأشعة فوق البنفسجية الحارقة القاتلة للكائنات الحية ٠ وفى عام ١٩٢٠ تمكن العالمان فابرى وبيسون من قياس الكمية الكلية لغاز الأوزون فى عمود من الهواء الجوى ارتفاعه قد يصل الى ١٠٠٠ كيلو متر ومساحة مقطعه واحد سنتيمتر مربع فى معدل الضغط ودرجة الحرارة وقدرا أن هذه الكمية ٣ مليمترات تقريبا أو ٣٠٠ وحدة من وحدات دويسون ٠

وفى عام ١٩٢٩ استطاع العالم جونز معرفة التوزيع الرأسى لغاز الأوزون فى الجو وحدد الارتفاع الذى عنده توجد النهاية العظمى لتركيزات غاز الأوزون ٠ كما أنه توصل الى أن الكمية الكلية لغاز الأوزون تتغير بتغير ارتفاع الشمس فى السماء وتوصل الى هذه المعلومات عن طريق الحلول الرياضية النظرية وعلى العموم فقد تم تطوير وتحسين هذه النتائج فى الفترة الزمنية ما بين ١٩٣٠ ـ ١٩٤٠م ٠

وفى عام ١٩٢٩ تم معـرفة الكميـة الكلية لغـاز الأوزون عن طريق الأرصاد فقد قام العالم دويسـون ببناء أول جهاز لهذا الغرض وسمى هذا الجهاز باسمه٠

جدول (١) الكمية الكلية لغاز الأوزون بوحدات الدويسون فى مدينة القاهرة فى السنوات المختلفة ١٩٨٠ – ١٩٨٦ م

السنة / الشهور	١٩٨٠	١٩٨١	١٩٨٢	١٩٨٣	١٩٨٤	١٩٨٥	١٩٨٦
يناير	٣٠٥	٣١٣	١٩٧	٣١٠	٣٠٧	٢٥٧	٢٩٩
فبراير	٣١٨	٣١٧	٣٥٩	٣٠٠	٣٠٠	٢٧٩	٣٠٧
مارس	٣١٤	٣٣٩	٣٥٨	٣٢٦	٣١٧	٢٩٤	٣٢٨
ابريل	٣٢١	٣٢٥	٣٣١	٣٢٧	٣٤٠	٣٠٩	٣٢٣
مايو	٣٢٦	٣٣٥	٣٤٧	٣٣٢	٣١٧	٣١٩	٣٤٤
يونيو	٣١٦	٣٢٠	٣٢١	٣١٨	٣٠٥	٣٠٦	٣٠١
يوليو	٣١١	٣١٣	٣١٦	٣١٣	٣٠٨	٣٠٦	٢٦٨
اغسطس	٣٠٨	٣٠٧	٣٠٧	٣٠٨	٣٠٣	٣٠١	٢٩٦
سبتمبر	٢٩٨	٢٩٨	٢٩٩	٢٩٣	٢٩٣	٢٩٥	٢٩٧
اكتوبر	٢٨٩	٢٩٥	٢٨٧	٢٨٣	٢٨١	٢٨٧	٢٨٤
نوفمبر	٢٨٩	٣٠١	٣٠٦	٢٨٧	٢٨٢	٢٨٥	٢٨٦
ديسمبر	٢٨٩	٢٩٤	٢٨٦	٢٨٣	٢٨٠	٢٩٨	٢٩٢

وبنى الجهاز على نظـرية تحليـل الطيف وعن طـريق التحليل الطيفى يمـكن حساب الكميـة الكليـة لغـاز الأوزون وعلى العموم فان عدد هذه الأجهزة قليل وغير كافية لتحديد ما اذا كانت الكمية الكلية للغاز تقـل أم لا لأنه كما أوضحنا أن التغيرات الجوية أو الاضطرابات

الجوية يمكن أن تنقل الغاز من مكان لآخر وهناك احتمال كبير أن الهواء ينقل الغاز من الأماكن الغنية به الى أماكن تفتقر اليه ٠

ويوجد بمصر جهازان من أجهزة دويسون الأول تابع لجامعة القاهرة كلية العلوم ــ قسم الفلك والأرصاد الجوية واستخدم لقياس الكمية الكلية للغاز فى الجيزة وبعد ذلك عملت له محطة ارصاد فى مدينة اسوان ويعمل الى الآن بكفاءة عالية ٠

والجهاز الثانى تابع للهيئة العامة للأرصاد الجوية ويعمل لنفس الغرض بكوبرى القبة ــ القاهرة ٠

(انظر الجدول رقم (١) به المتوسطات الشهرية لكميات الأوزون خلال الفترة ١٩٨٠ ــ ١٩٨٦) ٠

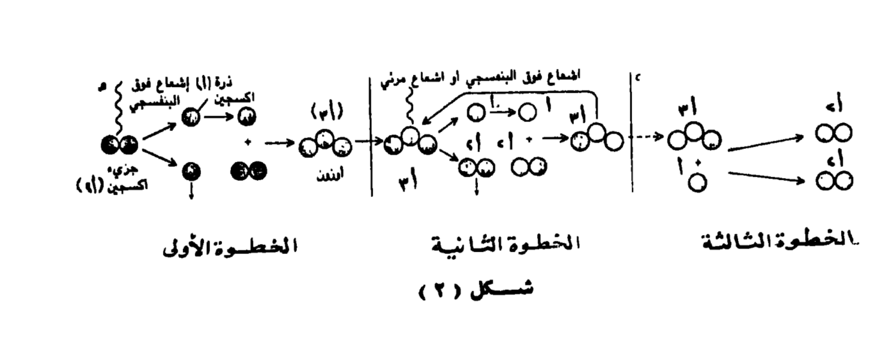
وفى عام ١٩٥٠ ظهرت أجهزة أخرى لقياس الكمية الكلية لغاز الأوزون بعضها مثبت على سطح الأرض وبعضها الآخر محمول على مناطيد وأقمار صناعية وأجهزة القياس المحمولة على مناطيد تفحص بصورة عامة كيمياء الهواء الذى تطير فيه ٠ والأقمار الصناعية يمكنها حمل بعض الأجهزة الأرضية وهذه الأجهزة يمكن استخدامها فى قياس سمك الطبقة أو العمود الذى قد ينتج اذا ما جعلنا كل الأوزون الذى يعلو مباشرة راصدا على سطح الأرض فى معدل الضغط ودرجة الحرارة ٠ وعادة ما يسجل هذا السمك بوحدات دويسون ٠

والآن أصبحت طريقة قياس كمية الأوزون معروفة كما أنه يمكن استخدامها فى عملية التنبؤ بالحالة الجوية ومعروف أيضا مقدرة الهواء أو الرياح على حمـل الغاز من مكان الى آخر ونقله أيضا من ارتفاع الى آخر ٠

تكوين غاز الأوزون :

يمتص الأوزون في الجو مقادير ضخمة من الاشعاع فوق البنفسجى، الذى لولا الأوزون لوصل الى الأرض٠ يتولد الغاز (شكل ٢ ـ الخطوة الأولى) حين يقع فوتون الاشعاع فوق البنفسجى ذو الطاقة العالية على جزىء أكسجين ($أ_٢$) ٠ فتنفلت ذرتاه (١) لتتحدا بجزيئات الاكسجين المجاورة ٠ والأوزون ($أ_٣$) المكون على هذا النحو ، يتم تحطيمه تكرارا بفوتونات الضوء فوق البنفسجى أو الضوء المرئى ، ويعاد تكوينه بسرعـة ، ويصبح مهيأ لامتصـاص مزيـد من الضوء (شكل ٣ ـ الخطوة الثانية) ٠ ويموت الأوزون (شكل ٢ ـ الخطوة الثالثة) عندما تصطدم به ذرة أكسجين مكونا جزيئين من الأكسجين ٠

وتعتبر هـذه العملية عملية تفكيك لغاز الأوزون وعند امتصاص جزىء الأوزون للأشعة فوق البنفسجية التى تتراوح أطـوال موجاتهـا بين ٢٠٠٠ ـ ٣٠٠٠ أنجستروم فانه يتفكك الى جـزىء أكسـجين (أ ٢) وذرة أكسجين (١) ومجمـل القـول فانه توجـد طبقة آتزان أوزونى فى طبقة الاستراتوسفير ومن هذه الطبقة


ذرة (أ) إشعاع فوق البنفسجي
اكسجين
جزيء اكسجين (أ٢)
(أ٣)
اوزون
اشعاع فوق البنفسجي او اشعاع مرئي
أ٣
الخطوة الأولى
الخطوة الثانية
الخطوة الثالثة

شكل (٢)

يمكن للأوزون أن ينتقل الى الطبقات السفلى وعندما ينتقل الى أسفل فانه يتفاعل مع الملوثات الموجودة عند هذه الارتفاعات ويتحلل الى مركباته الأوكسجينية ٠

مما سبق يتضح أن الأوكسجين والأوزون يشتركان فى حماية الكائنات الحية وذلك بامتصاصهما الأشعة فوق البنفسجية ٠ حيث ان جزئيات الأكسجين تمتص الأشعه فوق البنفسجيه التى أطوال أمواجها لا تزيد عن ٢٠٠٠ أنجستروم وتكون الأوزون ثم يقوم الأوزون بامتصاص الأشعة فوق البنفسجية التى أطوال أمواجها تزيد على ٢٠٠٠ أنجستروم ليتحلل الى أكسجين ٠

كمية تركيز غاز الأوزون فى الطبقة التى يحدث فيها الاتزان الأوزونى أكبر بحوالى ١٠ ـ ١٠٠ مرة عن نظيرتها فى طبقه التروبوسفير و ٩٠ مرة عن الطبقات التى تعلوها ٠ والأرصاد الحالية توضح أن ٢٥٪ من تركيز غاز الأوزون يمكن للرياح أن تنقلها من الأماكن الغنية بالأوزون الى الأماكن التى يكون فيها الأوزون منخفضا نسبيا أو من الارتفاعات التى يكون الأوزون فى نهايته العظمى الى الارتفاعات التى تكون فيها نسبة التركيز ضعيفة وهى الارتفاعات التى تقع فى طبقة التروبوسفير والمكان الذى تقل فيه كمية الأوزون نتيجة نقل الرياح يزداد فيه الأوزون مرة أخرى (بعد عدة ساعات أو أيام) الى معدلها الطبيعى ٠

والأوزون من الناحية المناخية يزداد فى اتجاه

القطب الشمالى شمالا وفى إتجاه القطب الجنوبى جنوبا وتصل أكبر قيمة له فى فصل الربيع على جميع خطوط العرض المختلفة وأقل قيمة له تحدث فى فصل الخريف ٠

التغير فى كميات غاز الأوزون :

والدورة العامة للرياح تعمل على احداث اتزان فى طبقة الأوزون ومعظم العناصر الجوية الأخرى وسوف نضرب مثالا لهذه الدورة ففى المناطق المدارية نجد أن الهواء يبدأ فى التحرك متجها نحو خط الاستواء فى نصفى الكرة الأرضية (الرياح التجارية) وتتجمع عند خط الاستواء ويصعد الى أعلى ثم يتحد مرة أخرى متجها الى خطوط العرض التى جاء منها عند ارتفاعات ١٠ ــ ١٥ كيلو مترا توجد مثل هذه الخلية خلايا أخرى فهناك واحدة فى المناطق المعتدلة وأخرى على المناطق القطبية ٠

ومثل هذه الخلايا تقوم بعمل نقل بعض المواد من سطح الأرض الى الاستراتوسفير وبدورها فى أماكن أخرى تنقل بعض المواد من الاستراتوسفير الى سطح الأرض وهذه الخلايا تقوم بعمل الاتزان لبعض الغازات وخاصة الأوزون حيث أن حركة الهواء داخل هذه الخلايا لا تتوقف عند الحركة الرأسية فقط بل هناك حركات أخرى دوامية واضطرابية ٠

ونظرا لأهمية هذه الطبقة فيجب على المتخصصين فى هذا المجال عمل دراسات جادة لهذه الطبقة وذلك

لمعرفة المواد التى يطلقها الانسان نتيجة أنشطته المختلفة والتى من شأنها أن تقلل الكمية الكلية لغاز الأوزون أو تزيدها فى جو الأرض وهناك بعض المواد التى يطلقها الانسان فى الهـواء تسـتطيع عن طريق الانتشـار أو بالحركة الرأسـية للهـواء الى أعلى أن تصـل الى أعالى التروبوسفير وقد تصل الى أكثر من ذلك الى الاستراتوسفير وهى الطبقة التى يتواجد فيها غاز الأوزون بوفرة وهذه المواد تقـوم بتفكيك أو تحليـل غاز الأوزون الى ذراته وجزيئاته الأكسوجينية وتحدث اضطرابا حادا فى طبقة الأوزون .

وعملية نقص طبقة الأوزون تحدث نتيجة لقـذف أو انطـلاق بعض المـواد الكيميائيـة التى يسـتخدمها الانسان فى حياته اليومية . وهذا النقص فى الكميـة الكلية لغاز الأوزون يحدث أضرارا بالغة الخطورة على جميع الكائنات الحية ولم تظهر الآثار التدميرية لهـذا النقص الى الآن .

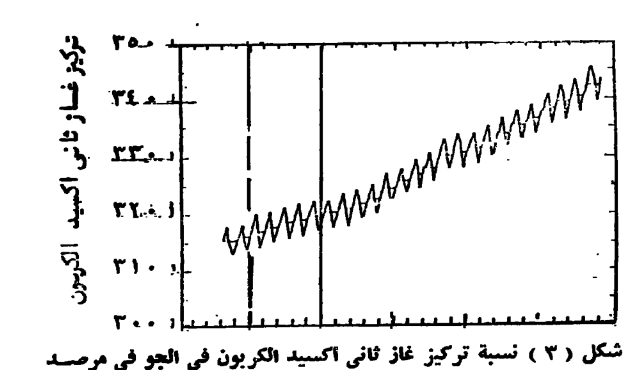
وعلى العموم فقد بدأت آثار التدمير للغاز تظهـر بوضوح بعض الشىء عن طريق ظهـور بعض الأمراض التى لم نسمع عنها فيما قبل .

وهل سنظل واقفين مكتوفى الأيدى حتى نحصل على برهان مطلق يفيد حدوث اختلال فى التوازن الطبيعى ونقص فى غاز الأوزون من يوم الى آخر أو من عام الى آخر وكذلك من خط عرض الى آخر نتيجة لحقن الجـو

بالملوثات · لا بل يجب العمل والحفاظ على الطبيعة كما خلقها الله كما لو كان هناك خلل قد يحدث فى التوازن الطبيعى ·

وهناك بعض الحقائق المؤكدة التى تبين أن المواد الكيميائية التى يستخدمها الانسان تقلل بالفعل من تركيزات غاز الأوزون ولا يجب الانتظار أكثر من ذلك حتى تقع الكارثة فالوقاية والحفاظ على غاز الأوزون خير بكثير من علاج الآثار التى قد تنجم من أخطار النقص المستمر فى الكمية الكلية للغاز ·

وان المزيد من استهلاك طبقة الأوزون فى الغلاف الجوى وهى الطبقة التى تحجب الأشعة فوق البنفسجية من الطراز ب التى أطوال موجاتها ٢٨٠٠ ـ ٣٢٠٠ أنجستروم المسببة للسرطان فهذا يدل دلالة واضحة على الاسراف المستمر فى استخدام مادة الكلورفلوروكربون المدمرة للأوزون وهى المادة التى تنبعث من مصادر عديدة مثل أنابيب رش المواد الكيميائية ومن أجهزة التكييف ويمكن تفسير وجود النقص الأوزونى عن طريقين الطريق الأول هو افتراض أن الملوثات تتسبب فى حدوث هذا النقص فى حين أن الطريق الآخر يبين أن النقص فى غاز الأوزون يمكن تفسيره باستخدام التغير الطبيعى للحركات الجوية التى تنقل الهواء الغنى بالأوزون من طبقة الاستراتوسفير القطبية خلال فصل الربيع فى نصف الكرة الجنوبى الى مناطق أخرى تفتقر اليه ·



شكل (٣) نسبة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو فى مرصد ماأونالو بهاواى

وعموما فهناك دراسات تجريها مؤسسات الفضاء الأمريكية وذلك بالرجوع الى السجلات التى تحوى الأرصاد القديمة عن طبقات الجو العليا فوجدوا أن هذه الظاهرة تتكرر منذ عدة سنوات ولم ينتبه أحد اليها ٠

وتبين الحسابات النظرية أن تراكم غاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى (انظر شكل ٣) يبين مقدار زيادة تركيز ثانى آكسيد الكربون على محطة «ماأونالو» (الآرصاد فى الفترة ما بين ١٩٥٥ ـ ١٩٨٥) يمكن أن يرفع معدل درجة حرارة الأرض الى ما بين ٤ر١ ـ ٥ر٥ درجة مئوية حتى منتصف القرن المقبل وهذا يمكن أن يؤدى الى ارتفاع مياه المحيطات عدة أقدام واغراق

المناطق الساحلية وتدمير مساحات واسعة من الأراضى الزراعية بسبب زيادة الملوحة وأن تغيير أنماط الطقس قد يفسد خصوبة مساحات أخرى كبيرة وتصبح غير صالحة للزراعة والسكنى مما يؤدى الى نشوء حركات هجرة لم يسبق لها مثيل فى التاريخ ٠

وهناك اعتقاد أن هذا التسخين قد يكون صغيرا جدا لدرجة الانعدام ومهما وصل هذا التسخين من الصفر لابد من أن نأخذ حذرنا منه حتى لا تقع كارثة لا تحمد عقباها فمنذ ألف سنة تقريبا مضت كانت الأرض أدفأ منها الآن فمثلا جزيرة جرينلاند سميت بهذا الاسم لأن شواطئها كانت خضراء بالرغم من أنها اليوم مغطاة بالجليد ومن الأفضل تسميتها بالأرض البيضاء ٠ وفى العصور الوسطى عندما كان التسخين صغيرا كان كافيا لجلب الكوارث والنكبات لسويسرا ٠

بدراسة أرصاد درجات الحرارة تبين أنها تزداد مع زيادة ثانى أكسيد الكربون على مدينة واشنطن مثلا ٠ فدرجات الحرارة على هذه المدينة فى الوقت الحاضر تزيد عن ٣٨ ْ م لمدة يوم واحد فى السنة فى المتوسط وتزيد عن ٣٢ درجة مئوية حوالى ٣٥ يوما كل سنة ويتنبأ العلماء بزيادة هذه المعدلات الى ١٢ يوما للحالة الأولى ، ٨٥ يوما للحالة الثانية فى السنة ويحدث ذلك فى منتصف القرن المقبل ٠ وبذلك سوف يكون جو مدينة واشنطون أسخن كثيرا مما هو عليه الآن ٠ والأمسيات كذلك قد تكون أدفأ فالحرارة

تنخفض الى أقل من ٢٧° م أقل من مــرة كل ســنـ ئي المعدل في الوقت الحاضر وتتضاعف كمية ثانى اكسيد الكربون فان هذا العدد قد يرتفع الى١٩ أمسية دل سنه · وسوف نبين فيما بعد أنه بزيادة ثانى أكسيد الكربون قد تنخفض درجات الحرارة المستقبلية عما هى عليــه الآن وأن النماذج الرياضية المستخدمة للتنبؤات لا تعطى نتائج صحيحة مائة فى المائة وأنها تحتاج الى تعديلات واضافات كثيرة وفروض جديدة حتى نحصل منها عــلى نتائج معقولة وبالتالى فالنتائج الســابقة مشــكوك فى صحتها ولا يمكن الاعتماد عليها ·

ويراقب العلماء جو الكرةالأرضية من خلال محطات مزروعة في جــزر هاواى وذلك بقيــاس كميـــة ثانى أكسيد الكربون وكانت القراءات تقول ان الأرقام فيما مضى كانت ٣٥٠ جزءا من ثانى أكســيد الــكربون فى مليون جزء هواء · ولكنهــا حققت أرقاما قدرها ٣٩٥ جزءا فى المليون زيادة عن المستوى السابق كما أن ثانى أكســـيد الكربون زاد بنسبة ٢٥٪ عما قبــل الثــورة الصناعية فى القرن الماضى ومهمـــة الانســـان الآن هى محاولة عدم السماح لزيادة ثانى أكســيد الكربون عن ٢٠٪ من الـ ٣٥٠ جزءا فى المليون خلال العشر سنوات القادمة ويخشى سكان أفريقيا من وجود علاقة قد تكون صحيحة بين جفاف أفريقيا والدفء الذى حدث للجــو فى هذه الأيام وتبين بعض الأبحاث أن الأمطار تزداد فى أوروبا بينما تزداد درجة الحرارة على أفريقيا ·

ثقب الأوزون :

تقع طبقة الأوزون داخل طبقة الاستراتوسفير وهى هامة جدا وضرورية حيث ان هذه الطبقة تحمى جميع الكائنات الحية من الأخطار التى تنجم من تأثير الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس كما أنها تعتبر جزءا من أجزاء الجو الفعالة ٠

ولقد لوحظ فى عام ١٩٧٠ أن الكمية الكلية لغاز الأوزون فى طبقتى الاستراتوسفير والتروبوسفير تقل بشكل ملحوظ (٣٪ من الكمية الكلية) وأن كمية النقص هذه مرتبطة بالملوثات التى يطلقها الانسان فى الجو ٠ وان هذا النقص (٣٪) مرتبط أيضا بعوادم الطائرات وخاصة الطائرات التى سرعتها أكبر من سرعة الصوت وكذلك الطائرات النفاثة التى تحلق فى الهواء على ارتفاعات قد تصل الى المنطقة السفلى من الاستراتوسفير ٠

وليس الخوف الآن فقط من تغير مناخ الكرة الأرضية ولكن الخوف من قلة كمية الأوزون عن معدلها الطبيعى وهناك احتمال ضئيل لاستمرار هذا النقص ٠ وفى حالة حدوث ذلك فسوف تزداد شدة الأشعة فوق البنفسجية والتى ستزيد أمراض سرطان الجلد وعتمة العدسة البللورية للعين كما أن لهذه الأشعة تأثيرا ضارا على النبات ٠

وفى أواخر عام ١٩٨٢ وأوائل عام ١٩٨٣ وجد أن الكمية الكلية لغاز الأوزون (فى مرصد ماأونالو)

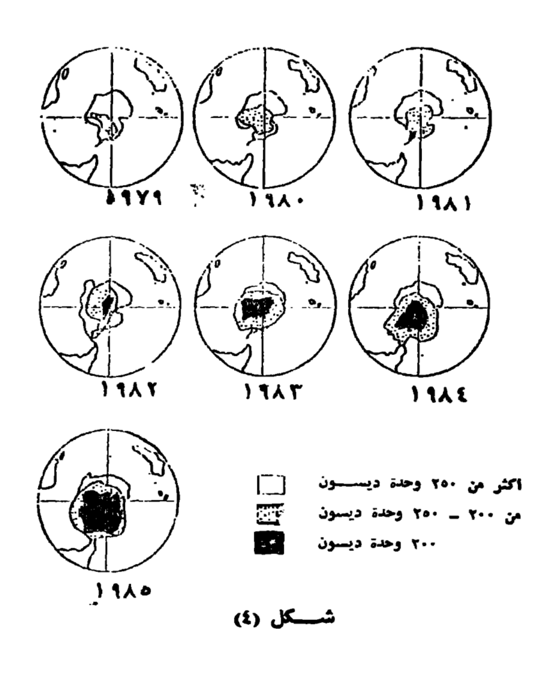
تنقص وعلى غير العادة اذا ما قارنا هذا التغير بتغيرات السنوات السابقة • والأكثر من ذلك أن هذا النقص لم يظهر فقط (فى مرصد ماأونالو) بل ظهر أيضا فى عدة مراصد أخرى فى شمال أمريكا وأوروبا واليابان ولقد وجد العلماء هذا النقص مرتبطا ارتباطا وثيقا بالمواد التى قذفت فى الجو من باطن الأرض نتيجة انفجار بركان الشوشان (المكسيك) •

وفى السنوات الأخيرة ظهرت مشكلة تناقص غاز الأوزون وأول من اكتشف التناقص المستمر فى الكمية الكلية لغاز الأوزون فى فصل الربيع فوق القارة الجنوبية هو يوسف س فارمان وزملاؤه من دائرة المسح البريطانية للقارة الجنوبية وأطلقوا على هذا النقص اسم الثقب الأوزونى وللتحقق من وجود هذا النقص أو الثقب قام يوسف س فارمان وزملاؤه برصد سمك كمية الأوزون فى خليج هالى فى القارة القطبية الجنوبية منذ عام ١٩٥٦ وقاموا بنشر تقرير سجلوا فيه ملاحظاتهم فى عام ١٩٨٥ وفى نفس الوقت قامت (ناسا) باطلاق قمر صناعى لجمع أرصاد عن هذا النقص أو الثقب وقد كانت هذه الأرصاد موافقة الى حد ما مع أرصاد يوسف س فارمان • كما بينت أرصاد أخرى جمعتها (ناسا) أن منطقة ثقوب الأوزون أوسع من القارة القطبية الجنوبية وانها امتدت فى ارتفاع مسافة ١٢ ـ ٢٤ كيلو مترا كما سنبين فيما بعد •

وخلاصة القول انه ظهر في الجو القطبى (ثقب أوزوني) . لقد آزعج هذا الاكتشاف العلماء وجماهير الناس على حد سواء ذلك أنه أوصى بأن الطبقة الاستراتوسفيرية للأوزون المحيطة بالأرض قد تكون في خطر أكبر مما تنبأت به النماذج الجوية . ان التآكل الجارف بهذه الطبقة سيكون سببا للاهتمام البالغ للعلماء . ففى عام ١٩٨٧ قام عدد منهم بعمل تجربة لفحص الأوزون فى القارة القطبية الجنوبية بالأجهزة المحمولة جوا وهذه التجربة التى بينت أن الثقب الأوزوني كان في أوجه عام ١٩٨٧ فقط لم تستخدم أجهزة قياس أرضية وأخرى محمولة على أقمار صناعية ومناظير فحسب بل اشتملت أيضا على آجهزة محمولة جوا لجمع معلومات مفصلة عن حجم هذه المنطقة وكيميائها انظر الشكل (٤) .

وأظهرت أرصاد الأقمار الصناعية أن التخريب فى طبقة الأوزون ليس فقط في سماء القارة القطبية الجنوبية بل امتد من القطب الجنوبى حتى خط عرض ٤٥ درجة جنوبا ولكن هذا النقص الذى شمل مساحة كبيرة فى نصف الكرة الجنوبى لم يأخذ نصيبه من الدعاية والاعلان مثل نقص الأوزون فى القارة القطبية الجنوبية .

وأسباب هذا النقص غير معروفة . هل هى نتيجة قذف الانسان للكلوروفلوروكربون في الجو . آم أنها



شـــكل (٤)

نتيجة للتغيرات الطبيعية التى تحدث فيه مثـل الدورة العامة للرياح فى طبقة التريوسفير أو لتغير نفس الدورة (الطويلة المـدى) والتى تتم بين المنطقة الاستوائية

والمدارية وكذلك بين المعتدلة والقطبية وسوف نحاول تفسير أسباب هذا النقص فى الفصول القادمة ·

الاوزون والمناخ :

لقد بدأت دراسة تغير كميات الاوزون وعلاقتها ببعض العناصر الجوية (مثل درجات الحرارة والضغط) منذ زمن بعيد ففى ١٩٣٠ تمكن العالم دويسون من اثبات وجود زيادة فى غاز الأوزون عندما تهب على محطة الأرصاد جبهة باردة ومنذ ذلك الوقت بدأت دراسات تغير غاز الأوزون مع التغيرات ـ الجوية ففى عام ١٩٣٧ تمت معرفة علاقة ارتباط احصائية بين الكمية الكلية لغاز الأوزون مع الضغط الجوى فى طبقتى التروبوسفير والاستراتوسفير وهذه العلاقة موجبة أى عندما تزداد الكمية الكلية للأوزون يزداد الضغط الجوى على الارتفاعات المختلفة داخل طبقتى الاستراتوسفير والتروبوسفير، كما أن هذه الكمية أيضا تتناسب عكسيا مع درجات الحرارة على الارتفاعات المختلفة بمعامل ارتباط يصل الى ٦٩ر٠ وبدراسة هذه الظاهرة على المدن الساحلية على سبيل المثال نجد أن الكمية الكلية لغاز الأوزون عند ارتفاع ثلاثة كيلو مترات تقل عندما تزداد درجات الحرارة فى شهرى مايو وسبتمبر أما فى سيبريا فعندما تنخفض درجات الحرارة وتصل الى ـ ٥٠° م (تحت الصفر) نجد أن الكمية الكلية لغاز الأوزون ترتفع الى قيمة نادرة الحدوث فى العالم حيث

تصل كميته الى ٦٠٠ وحدة من وحـدات دويسـون ٠ والكمية الكلية للأوزون تتناسب تناسـبا عكسـيا مع الضغط عند ارتفاع ٣ كيلو مترات وطرديا عند ارتفاع ٢٠ كيلو مترا وعلى ذلك فليست هناك علاقة مقننة بين كمية غاز الأوزون والضغط حيث انه اذا انتقلنـا من مكان الى آخر نجد العلاقة التى استنتجت للمكان الأول لا تنطبق على المكان الذى انتقلنا اليه وكذلك بالنسـبة للارتفاع ٠

وبدراسة الكمية الكليـة لغاز الأوزون فى فصـل الربيع وجد أنها تتناسب تناسـبا عكسـيا مع ارتفاع التروبوبوز وهذا يفسر قلة غاز الأوزون فى المنـاطق الاستوائية والمدارية التى يكون فيها ارتفاع التروبوبوز عاليا وكثرة وفرته فى المنـاطق المعتدلة والباردة حيث يكون ارتفاع التروبوبوز منخفضا ٠

ويمكن القول ان الكمية الكلية للغاز تزداد عنـد وجود منخفض جوى وتقل عند وجود مرتفع جـوى أى أن الكمية الكلية لغاز الأوزون يمكن أن تؤثر على بعض العناصر الجوية تأثيرا مؤقتا ومحليا وليس له أى تأثير على مناخ الكرة الأرضية ٠

بدون شك أن غاز الأوزون يلعب دورا أساسيا فى الاتـزان الحـرارى فى الجـو وخاصـة فى طبقـة الاستراتوسفير ٠ وتغير الكمية الكلية لغاز الأوزون فى عمود الهواء حتما فانه يغير من توزيع درجات الحـرارة

فى هذا العمود وأكثر من ذلك فان هذا التغير يتسبب فى تغير توزيع معظم العناصر الجوية الأخرى وعلى الرغم من أن الجو فى مظهره العام يبدو كما لو كان بسيطا فى تغيراته الا أن هناك دورية واضحة لمعظم عناصره مما يجعل التغيرات التى تحدث فى الجو على أيدى الانسان (الآلات ـ الطائرات ـ الأسمدة ـ وأجهزة التكييف) لا تظهر بوضوح بل ويمكن أن تفقد فى خضم التغيرات الدورية الطبيعية للجو ٠

والأوزون يمتص الاشعاع الفوق البنفسجي الآتى من الشمس وبالتالى فأى نقص فى غاز الأوزون سوف يؤدى الى نقص درجات الحرارة فى طبقة الاستراتوسفير واذا قلت الكمية الكلية لغاز الأوزون فيكون مقابل هذا وصول كمية كبيرة من الاشعاع الشمسى الى سطح الأرض وزيادة الاشعاع قد تسبب ارتفاعا فى درجة الحرارة فى المناطق القريبة من سطح الأرض ولكن الى الآن لم ترصد هذه الزيادة المتوقعة فى جو الأرض وان التغيرات التى حدثت نتيجة هذا النقص هى تغيرات لا تذكر حيث ان درجات الحرارة السطحية تزداد زيادة طفيفة ٠

وحيث ان التغيرات الجوية المحلية مرتطة بتغير الكمية الكلية لغاز الأوزون فى طبقة الاستراتوسفير ولكن المواد الكيميائية التى تسبب هذا النقص تحدث أيضا تغيرات فى عناصر الجو المختلفة ومقياس هذا التغير أكبر من مقياس التغير الذى يحدثه غاز الأوزون ٠

فمثـــلا الكلورفلوروكربون ورابـــع كلوريد الـــكربون يعملان فى الجـــو عمـــل البيـــوت الزجاجية مثـــل التى يعملهـــا ثانى أكســـيد الكربون والتى من شـــأنها رفع درجات حـــرارة طبقـــات الجـــو السفلية حيث ان مثل هـــذه المـــواد (كلـــوروفلوروكربـــون وكلـــوريد انكربون) يتم حرقها فى الغلاف الجوى للأرض وتسبب زيادة فى كمية ثانى أكسيد الكربون . وبالاضافة الى تلك الملوثات التى يطلقها الانسان فى الغلاف الجـــوى هناك ملوثات أخرى مثل الأيروسولات وكل هـــذه المواد تلعب دورا كبيرا وتحدث اضطرابا فىالاتزان الاشعاعى للجو . وسوف نتعرض لدراسة تأثير بعض المواد التى يستخدمها الانسان فى حياته اليومية على الأوزون .

الأوزون والأسمدة :

تستخدم الأسمدة النتروجينية فى الـــوقت الحـــالى بمعدل ٥٠ مليون طن فى السنة فى جميع أنحاء العالم ويمكن أن تزيد هذه القيمة الى ما يقرب من ١٥٠ مليون طن بحلـــول عام ٢٠٠٠ بالاضـــافة الى ذلك يتم تثبيت نتروجين بمعدل ٢٠٠ مليون طن فى عمليـــات أخـــرى وبالتالى فان استخدام الأسمدة يتوقع أن يكون له بعض التأثير على عمليـــة ازالة النتروجين والتى تـــؤدى الى انتاج نتروجين جـــزيئى وكميـــات صـــغيرة من أكسيد النتريك حوالى ٧٪ فيكون أكســـيد النتروز بواســـطة العمليات البكتيرية فى الأرض ولقد لوحظ أن حـــوالى مليون طن مترى من ن$_{٢}$ أ يتحول الى أكسيد النتريك

الذى يتفاعل مع ذرات الأكسجين القلقة ويتحول الى ثانى أكسيد النتريك الذى ينتشر ببطء الى أعلى فى الجو حتى يصل الى طبقة الاستراتوسفير وهو الذى يساعد على تفكك غاز الأوزون ·

وعملية التخلص من النتروجين الموجود فى التربة ليست مفهومة بدرجة كافية وعلى وجه الخصوص قد تمضى فترة زمنية طويلة جدا بين استخدام السماد وعملية التخلص من النتروجين ·

وقد أثبتت الحسابات أن استخدام الأسمدة فى هذا القرن قد يؤدى الى نقص فى الكمية الكلية للأوزون بمقدار يتراوح بين صفر ـ ١٥٪ فى نهاية القرن التالى · وهذه التقديرات ليست دقيقة بدرجة كافية ويجب دراسة هذا الموضوع بعمق أكثر من ذلك· خاصة وأن ازالة أكاسيد النتروجين من الاستراتوسفير من شأنها أن تسهل تحطيم الأوزون فاذا لم تكن هذه الأكاسيد متوافرة فلا يمكنها الاتحاد بالكلور (الناتج من تحليل الكلورفلوروكربون) لتكوين مستودع نترات الكلور وبالاضافة الى ذلك فقد تغير عملية ما مستودعات الكلور فتجعلها تطلق كلورا نشطا على شكل ذرات فرادية أو على شكل أول أكسيد الكلور وهذا سيحطم الأوزون ·

وفى السنوات الأخيرة تبين الارصاد أن هناك كميات كبيرة من أول أكسيد النتروجين تقذف من

المصانع . كما أنها تنتج أيضا من تدفئة المنازل وخلافه وتوجد زيادة فى كميات ثاني أكسيد النيتروجين هذه الزيادة تنتج من عمليات الاحتراق . ولوجود عملية التحولات الكيميائية داخل طبقة التروبوسفير وكذلك الأمطار نجد أن الغازات النيتروجينية لا تصل الى طبقة الاستراتوسفير وبالتالى لا تؤثر على اضطراب طبقة الاتزان الأوزونى ولكنها يمكن أن تؤثر على الكميات الصغيرة الموجودة فى طبقة التروبوسفير .

الأوزون والطائرات :

ان الاستعمال المتزايد للطائرات فوق الصوتية التى تعمل آلات الاحتراق بها فى درجات حرارة عالية يؤدى الى حقن الاستراتوسفير مباشرة بغاز النتريك وقد أثبتت الدراسات أن هناك ارتباطا وثيقا بين معدل حقن النتريك وتناقص كمية الأوزون كما أن هذا النقص له ارتباط وطيد مع الارتفاع الذى يتم عندهالحقن ويكون هذا الارتباط كبيرا كلما كان الحقن قريبا من طبقة الأوزون وعليه فان الطائرات دون الصوتية وبعض أنواع طائرات الكونكورد والتى تحلق على ارتفاع ١٧ كيلو مترا ليس لها تأثير ملحوظ على غاز الأوزون . ومن ناحية أخرى فقد وجد أن أسطول طائرات النقل فوق الصوتية والتى تحلق على ارتفاع ٢١ كيلو مترا بسبب حقن حامض النتريك بمقدار ٨ر١ مليون طن فى

البيئة فهذا يؤدى إلى احداث نقص فى الكمية الكلية لغاز الأوزون ·

والطيران الحديث الذى أصبح يحلق على ارتفاعات عالية يطلق فى أعالى التروبوسفير كميات كبيرة من بخار الماء وثانى أكسيد الكبريت وتتحول هذه المواد الى أيروسولات فى الطبقة السفلى للاستراتوسفير ومثل هذه الأيروسولات بالطبع سوف تقلل كمية الاشعاع الشمسى التى تصل الى سطح الأرض وسوف تسبب تبريدا لطبقات الجو السفلية ·

ومحصلة التسخين الناتج من البيوت الخضراء والتبريد الناتج من بخار الماء وثانى أكسيد الكبريت هى أن درجات حرارة الطبقات السفلى للجو سوف تبقى كما هى عليه الآن وأن الشبح الذى يخيفنا من نقص غاز الأوزون ليس له اى تأثير على الناحية المناخية وهذا الشبح فقط قد يكون له بعض التأثيرات البيولوجية على الأحياء حيث انه فى هذه الحالة تزداد أمراض السرطانات الجلدية والعيون هذا بخلاف تأثيراتها الضارة على النباتات ومعظم الكائنات الحية ·

والطائرات الحديثة المختلفة تقذف بكميات كبيرة من أكاسيد النتروجين فى طبقة التروبوسفير وغالبا ما تسقط هذه الكميات مرة أخرى الى سطح الأرض بعد ذوبانها فى مياه الأمطار · أما إذا حلقت الطائرات على ارتفاعات عالية بالقرب من طبقة الأوزون (عند

ارتفاعات ٢٥ كيلو مترا تقريبا) فان أكاسيدالنتروجين تهاجم طبقة الأوزون وتقلل من قيمة نسبة تركيزه في الجو · وبينت بعض الحسابات أن طائرات البوينج التى تحلق عند ارتفاع ٢٠ كيلو مترا أو أكثر يمكن أن تؤثر في طبقة الأوزون ــ وتسبب له نقصــا يتراوح ما بين ٠٢ر الى ٠٣ر من الكمية الكلية للأوزون وذلك لأن هذه الطائرات وخاصــة الطائرات النفــاثة تبعث بعــوادم ساخنة لدرجة أنها تســاعد على نقص كمية الأكســجين النشط الموجود عند هــذه الارتفاعات بسبب تفــاعله (الأكسجين النشط) مع النتروجين وبالطبــع ســوف تنقص كمية الأوزون بسبب تكون أكاســيد النتروجين التى من شأنها التأثير على طبقة الأوزون ·

الأوزون والانفجارات النووية :

تؤدى درجات الحرارة العالية الناتجة من الانفجارات النووية الى انتاج حامض النتريك الذى يؤدى بالتــالى الى نقص فى كمية الأوزون فى مقابل هذا فان الأشعة فوق البنفسجية الناتجة من الــكرات النارية (تشــبه الشهب) تسبب انتــاجا محليا لبعض الأوزون وهــذا الانتاج يزول خلال بضعة أيام ويكون محصلة هــذين التأثيرين هو نقص فى غاز الأوزون ومقدار هذا النقص يعتمد بدرجة كبيرة على الارتفاع الذى عنــده يتم حقن الجو بحامض النتريك كما أنه يعتمد أيضا على انتشار الحامض وانتقاله مع الهــواء المتحرك · وعمــوما فان

القياسات التى تمت بأجهزة كثيرة ومتنوعة ومختلفة باستخدام الأقمار الصناعية فشلت فى اثبات أن الانفجارات النووية هى التى تسبب نقصا فى الكمية الكلية لغاز الأوزون ٠

الأوزون والأشعة الكونية :

الأشعة الكونية تسبب تأين الهواء وانتاج كمية من الأوزون وخاصة فى طبقة الاستراتوسفير السفلى عند المناطق القطبية وتتسبب الجسيمات الشمسية ذات الطاقة العالية التى تدخل الغلاف الجوى وتصل الى ارتفاع ٣٠ كيلو مترا فى انتاج كمية من أكسيد نتروجين ٠

فى أغسطس ١٩٧٢ حدث انفجار قوى فوق سطح الشمس أدى الى انطلاق بروتونات وصلت الى الغلاف الجوى بسرعة عالية أدت هذه البروتونات الى اضطراب محسوس فى كيمياء الاستراتوسفير علاوة على ذلك فان الأشعة فوق البنفسجية فى الفجر القطبى (الوهج القطبى أو الاورورا) تنتج كميات كبيرة من أكسيد النتريك ولكن ليس من المحتمل أن يؤدى ذلك الى تغير محسوس فى مخزون الأوزون فى طبقة الاستراتوسفير ٠

بدون شك أن عدد البقع الشمسية أو الكلف الشمسى له تأثير ملحوظ على طبقة غاز الأوزون ٠ وللبقع الشمسية دورية تتكرر كل ١١٫٢٥ سنة وأصبح من

الصعب الآن انكار وجود علاقة قوية بين هذه الدورات الشمسية وكميات الأوزون خاصة وأنه تم عمل بحث فى هذا الشأن فى قسم الفلك والأرصاد الجوية بكلية العلوم جامعة القاهرة فى عام ١٩٧٩ م ٠ وتم نشره فى مجلة الجمعية الفلكية المصرية كما أنه لا يمكن انكار العلاقة بين شدة الأنشطة الشمسية والبراكين ٠ وقد سجلت الأقمار الصناعية شدة الأنشطة الشمسية مع خرائط الحوارة ودلت هذه الأرصاد على أن درجات الحرارة بدأت فى الارتفاع بصورة تدريجية ابتداء من عام ١٨٦٠ وحتى عام ١٩٤٠ ٠

انطلقت التكنولوجيا وحققت تقدما يسر للانسان سبل قلب توازن الطبيعة المتمثل فى ذلك الوضع المعقد من التفاعلات البيولوجية والفيزيائية والكيميائية التى تشكل نسيج الحياة ٠

فمع بزوغ فجر الثورة الصناعية بدأت مداخن المصانع تلفظ غازاتها الضارة فى الجو وأفرغت المصانع نفاياتها السامة فى الأنهار والترع وأسرفت السيارات فى استهلاك الوقود المستخرج من الحفريات والذى لا سبيل الى ابداله وأفسدت الهواء بما تطلقه من عوادم وباسم التقدم تم تجريد الغابات وتعريتها وكل هذه الأعمال التخريبية فى الجو تسبب تحولات مناخية محلية الى حد ما فبعض الملوثات تعمل فى الجو عمل البيوت الخضراء أى تساعد ثانى أكسيد الكربون بشدة فى

احداث زيادة في درجات الحرارة وان هـذه الزيادة قد تزيد منسوب المياه في المحيطات والبحار كما أنهـا قد تساعد عـلى زيادة جفـاف الغـابات • ونقص الأمطار واشـتعال الحرائق واذا حـدث ذلك فيـكون التطـور التكنولوجي جعل الانسان يدفع ثمن كل هذا الترف •

مما سـبق جعـل بعض العلماء يؤيدون فكرة أن الملوثات التي تطلق في الجو يمكن أن تغير مناخه ودليلهم على ذلك ضعيف لأنهم برهنوا عـلى ذلك بوجـود بعض الظواهر الفردية والتي تحدث لأول مرة في مكان ما أو أن الظاهـرة تغير من شـدتها في نفس المـكان مثـل الأعاصـير المـدمرة التي عصـفت بمنطقة الـكاريبي والفياضانات التي اجتاحت بنجلاديش والزلزال المدمر الذي وقـع في أرمنيـا ــ وظهـور أمراض السرطان وأمراض المناعة (الايدز) والعيون وخلافه • فكل هذا ما هو الا تصورات متشائمة ونذر ليس له أساس سليم والبعض الآخر من العلماء يعارضـون النظرية القائلة بارتفاع درجة الحرارة لكوكب الأرض بل ويعتبرونها فكاهة القـرن العشرين حيث ان أى ارتفاع في درجة الحرارة ستوازنه زيادة في السـحب العاكسـة لدرجة الحرارة وقد يكون المتشككون عـلى صـواب ولـكن من الخطورة والمخاطرة بمكان ما أن نقف مكتـوفي الأيدي ولا نفعل شيئا في انتظار برهان مطلق على الـكارثة •

وسواء أكانت هذه النظرية صحيحة أم خاطئة فان

حدثا لا يقل خطرا أو ضخامة عن هذا يوشك أن يقع فى هذه اللحظة التى نعيشها والتى تساعد على فناء بعض الكائنات الحية أو انقراضها وعلى كل حال فزيادة أو نقص غاز الأوزون لا تخيفنا من ناحية تأثيرها على المناخ لأنه تقريبا ليس لها أدنى تأثير عليه وان الاتزان الطبيعى يحاول أن يعدل ما يغيره الانسان فى المناخ . ولكن الخوف كل الخوف من الأضرار التى قد تنجم من الزيادة فى شدة الأشعة فوق البنفسجية نتيجة النقص لغاز الأوزون .

ومناخ الأرض كما ذكرنا سابقا لا يتأثر بسبب التغيرات الضئيلة حيث ان هذه التغيرات تضيع فى خضم التغيرات الطبيعية ومن مقتضى الحسابات المسندة للأوقات الجيولوجية وان فترة الزيادة التى حدثت لدرجات الحرارة سوف تنتهى قريبا وعلينا أن ننتظر عودة البرد الى الأرض وبذلك تكون الزيادة والانخفاض فى درجة الحرارة هما الأمران اللذان سوف يحددان فى القرون القادمة بشكل حاسم شرط حياة الانسان وتصرفاته وسوف نتناول بالدراسة كل أمر من هذين الأمرين على حدة .

الأمر الأول : الزيادة فى درجات الحرارة :

ان النماذج الرياضية الاحصائية المستخدمة فى التنبؤ تبين أن درجات الحرارة سوف ترتفع (نتيجة

حقن الغلاف الجوى بالملوثات وخاصة التى تكون خاملة وتعمل عمل البيوت الخضراء أو البيوت الزجاجية مثل ثانى أكسيد الكربون)فى العالم بحوالى ١٫٤ درجة مئوية الى ٥٫٥ درجة مئوية . واذا حدث ذلك فان الانسان سوف يجابه صعوبات كثيرة ناتجة عن تغير جذرى فى الطقس والمناخ (لقد بينا فيما سبق أن هذا لن يحدث) وعلى كل فعلى العالم أن يبدأ منذ اليوم بالبحث والتنقيب والتحقيق عما يمكن عمله كما لو كان هذا التغير سوف يحدث حتى نبتعد عن هذا الخطر وضرورة البحث عن بدائل استخدام الوقود التقليدى (الفحم) ولا سيما فى المناطق الاستوائية وينبغى أن تستثمر الطاقة بصورة فعالة فى السنوات القادمة . وتبين نفس النماذج الاحصائية السابقة أنه فى حالة استخدام الغاز بدلا من الفحم فهذا سوف يؤخر الدفء حتى عام ٢٠٧٥ وحديثا أعلنت الولايات المتحدة الأمريكية عن انتاج أنواع جديدة من الوقود مشتقة من زيوت بعض الخضراوات ومن بينها السبانخ والفاصوليا الخضراء والجزر وبهذا الاكتشاف نكون قد ضربنا عصفورين بحجر واحد حيث آننا استبدلنا أنواع الوقود المتوافرة حاليا والتى يؤثر عادمها على نقاء الجو واستخدام مثل هذه الزيوت سوف يقلل من نسبة السموم فى الجو ومن الناحية الأخرى فان زيادة الرقعة الخضراء سوف تساهم فى التغلب على مشكلة الزيادة فى ثانى أكسيد الكربون وبذلك نكون قد تخلصنا من شبح

زيادة درجات الحـرارة والأضرار التى قد تنجم عنهـا فالحسـابات تبين أن مثـل هـذه الزيادة قد تتسبب فى اغراق مساحة ٣٠٪ من المساحة الكلية لسـطح الأرض وفى كنـدا يتم حاليا هنـاك انتاج أنواع جديدة من غاز الفريون ١٣٤ وفريون ١١ ، ١٢ وهى أنواع غير مضرة ومن المقرر فى تصوراتهم غمر الأسواق العالميـة بهذه النـوعيات من الفريون خـلال السـنوات الخمس القادمة هذا بجانب التوسـع فى اسـتخدام الغـازات البترولية لانتاج الأيروسولات بدلا من المواد المحتـوية على الكلوروفلوروكربون والتى ثبت تأثيرها على طبقة الأوزون .

الأمر الثانى : النقص فى درجات الحرارة .

فى الأزمنة الماضية كانت لا ترى الثلوج فى فصل الصيف فى بعض المناطق والبلدان فى خليج باقان شمال كندا وأصبحت هذه المناطق مغمورة بالثلوج والجليد ، وكذلك جزيرة جرين لاند اكتسبت اسمها لأن شواطئها كانت خضراء واليوم أصبحت مغطاة بالجليد ، والأسماك التى كانت تعيش فى المياه الشمالية أخـذت تنتقل الى الجنوب ، ثم ان سفن المراقبة فى شمال الأطلنطى أشارت الى أن متوسط درجة حرارة الميـاه فى المـدة الأخـيرة انخفض بمقدار نصف درجة مئوية ومثل هـذا النقص اذا استمر مع الزمن فسوف تسـقط درجات الحـرارة ويزداد البرد ويكثر الجليد فى المناطق القطبية وسوف

يؤثر هذا على البلدان الواقعة حول خط الاستواء حيث ان هذا سوف يقلل من كميات الأمطار هناك ويكثر بها الجفاف وتبدأ المجاعة وأحب أن أنوه الى ان هذا التغير لا يمكن ان يحدث على أيدى الانسان نتيجة استخدامه للملوثات • وذلك لأن الانسان لا يستطيع خفض قوة الاشعاع الشمسى الصادر من الشمس الى الأرض • ولا يستطيع أن يجعل الأرض تمر بسديم من الغبار الفضائى وهذا السديم سوف يضعف الاشعاع الشمسى• ولا يستطيع أن يحرك محور دوران الأرض نحو الانخفاض من حين الى آخر وهذه الحركة تغير فى شدة الاشعاع الشمسى ولا يستطيع أن يغير من نسبة مساحه اليابسة الى المساحات المائية ولا يستطيع أن يفجر البراكين التى تقذف بغيوم من الغبار الذى يضعف قوة الاشعاع الشمسى ولا يستطيع الانسان أن يغير فى مجارى رياح الدورة العامة للجو وكذلك لا يستطيع تغيير مجارى المياه البحرية والأكثر من ذلك لا يستطيع أن يزود الصحارى بالماء ولا يستطيع عمل بحيرات مائية كثيرة ولا يستطيع نقل مجارى الأنهار ولا يستطيع اذابة ثلوج القطبين • ومن ذلك نرى أن الانسان اضعف ما يكون لكي يحاول أن يغير من صفات مناخ الأرض وأنه لابد أن تكون هناك قوة خارقة تفوق كل خيال وهى التى تتحكم فى المناخ وان الاتزان الطبيعى يحافظ على عمل دورات مستمرة لجميع عناصر المناخ فاذا وجد أن هناك عنصرا يزداد فى وقت ما فحتما ولابد أن يعود

مرة أخرى الى النقصان فى وقت متأخر والآن أصبح واضحا أنه قد يكون حدث تغير فى مناخ الأرض فيكون التغير قد حدث طبيعيا ولم يتدخل الانسان فى عمل هذا التغير بأى حال من الأحوال ٠

وعلى كل حال فان الأرض وجوها لم يبقيا على حالهما كما هما الآن فالأرض منذ بدايتها الأولى حينما كانت كتلة منصهرة من الصخر والغاز منذ ما يقرب من ٥ بليون سنة ومنذ ذلك التاريخ شهدت الأرض تحولات كثيرة تشكلت عليها قارات من اليابس وتحركت معا وانشقت وانفصلت عن بعضها وتعاقبت عليها عصور جليدية وارتفعت عليها سلاسل جبلية من باطن المحيطات واختفت كتل أرضية واسعة تحت الامواج ٠ وهناك تحولات سابقة طرأت على مناخ الأرض وصاحب هذا أيضا انقراض بعض الكائنات الحية مثل الديناصور فعندما سقط نيزك ضخم اصطدم بسطح الأرض وأثار سحبا مهولة من الغبار حجبت آشعة الشمس وأفنت النباتات والنتيجة أن الديناصورات ماتت جوعا ٠ ومما سبق سرده نستطيع أن نستنتج أن الأرض (وجوها) لن يبقيا الفترة المقدرة لهما (٥ بليون سنة أخرى) بدون تغير ويتنبأ العلماء بأن الشمس على مدى هذه الحقبة تكون قد استنفدت كمية كبيرة من وقودها الأيدروجينى ومن ثم تتمدد وتحرق الكواكب المحيطة بها بما فى ذلك كوكب الأرض وان استنفاد بعض وقود الشمس قد يؤدى الى نقص شدة الاشعاع الفوق البنفسجى اللازم

لتكون الأوزون وبذلك يسمح الجو لنفاذ الجزء الباقي من الاشعاع فوق البنفسجي والذى كان يمتص بواسطة جزئيات الأوزون وبذلك يمكن آن يحدث فاجعة أخـرى على سطح الكرة الأرضية ·

والتنبؤ بالظواهر الجوية على المدى القصير مثـل العواصف والمنخفضـات والمرتفعـات الجـوية وسرعة واتجـاه الرياح ودرجات الحـرارة وكميـات الأمطار وغيرها أصبح سهلا وخصوصا بعـد استخدام الأقمار الصناعية وزيادة أعداد محطات الرصد الجوى وكذلك بعد التطور الهائل فى الحاسبات الآلية مما مكن العلماء من اعداد النماذج العددية لاستخدامها فى الحصول على تنبؤ قصير المدى وهذا التنبؤ لعدة ساعات أو لمدة أسبوع أما بالنسبة للتنبؤ طويل المدى فهو لفترة قد تمتد لأكثر من شهر وحتى الآن لم نحصل على نموذج عـددى يعطى تنبؤا جيدا خصوصا فى الأماكن التى تحدث بها تغيرات جوية سريعة والأماكن الفقيرة فى محطات الرصد الجوى مثل القارة الأفريقية وعلى المحيطات وبصفة عامة فان النـماذج العـددية المسـتخدمة فى التنبؤات القصـيرة والطويلة المدى حتى الآن لا تعطى تنبؤا صحيحا مائة فى المـائة حتى فى البلدان والأماكن التى لديهـا امكانات تكنولوجية جيدة وحتى نحصل على تنبؤات جيدة نحتاج الى فترة زمنية طويلة يتم فيها زيادة عدد محطات الرصد الجوى وكذلك الزيادة من كفاءة وسعة الحاسباتالآلية · والآن هل يمكن التصديق بأنه يمكننا التنبؤ بزيادة أو

نقص درجة الحرارة خلال الخمسين سنة القادمة ؟ وهل وجود النقص فى غاز الأوزون يكون هو السبب الرئيسى فى تغير تلك الظواهر الجوية ؟ واذا كان صحيحا فما هو مقدار النقص الذى سوف يسبب تغيرا فى المناخ ؟ وهناك أسئلة أخرى كثيرة تحتاج الى اجابة وللاجابة على هـذه الأسئلة نحتاج الى اعداد نموذج عددى احصـائى جيـد يعتمد على كميات هائلة من البيـانات المتعـددة لجميع المتغيرات الجوية مثل الرياح والضغط الجوى ودرجات الحرارة وأيضا كميات الأوزون ـ لفترات زمنية طويلة وقد يحتاج هذا الى فترة زمنية طويلة جدا قد تصل الى أكثر من خمسين عاما قادمة حتى يمكننا من تطبيق هذا النموذج والحصول منه على تنبؤ صحيح ومعرفة التغيرات التى سوف تطرأ على المناخ فى فترات زمنية أخرى قادمة من جراء التغيرات التى تحدث لغاز الأوزون ومن المعلوم الآن أنه لا توجد بيانات كافية نظرا لقلة عدد محطات الرصد الجوى وأن أستخدام النماذج العددية الموجودة الآن تعتمد بشكل أساسى عند التنبؤ بدرجات الحـرارة على متغير واحد وهو الكمية الكلية لغازالأوزون والعملية ليست بهذه البساطة ولكنها أكثر تعقيدا وتعتمد أساسا على جميع العناصر الجوية • وبتحليل بيانات الأرصاد السابقة احصائيا وجد أنه على المدى القصير توجد بعض التغيرات الجوية التى ما تلبث أن تعود على ما كانت عليه قبل ذلك بعد فترة زمنية •

نخلص من ذلك أن التنبـؤ بالـزيادة فى درجات

الحرارة فى عام ٢٠٠٠ وارتفاع منسوب المياه فى المحيطات والبحار نتيجة لتحول كمية من الجليد عند القطب الشمالى والجنوبى وهذا سوف يؤدى الى اغراق الكرة الأرضية ولكن هذه النتيجة مشكوك فيها وغير مؤكدة وذلك للأسباب التى ذكرناها آنفا ولكن مع استخدام الأقمار الصناعية وكذا النتائج والآراء والمقترحات وكذلك الاستعانة بالنماذج الرياضية الاحصائية للتنبؤ بتغير الحالة الجوية للمساحات الشاسعة فسوف تكون هذه النتائج صحيحة بدرجة معقولة أما اذا استخدم هذا النموذج للتنبؤ للمساحات الصغيرة ولفترة زمنية طويلة تصل الى عشرات السنين فهذه النتيجة غير مؤكدة ومشكوك فيها فكيف تصدق أن درجة الحرارة سوف ترتفع ثلاث أو أربع درجات فى عام ٢٠٣٠ .

لاحظنا فيما سبق أنه لا يمكن الاعتماد على نتائج النماذج الرياضية ولذلك نشأت مشكلة كبيرة عند مقارنة أرصاد الأوزون مع نتائج النموذج الرياضى لعدم توافقهما . ومعظم التنبؤات بنيت على أساس أن تأثير غازات الغلاف الجوى على تغيرات غاز الأوزون ضعيف لدرجة أن النماذج الرياضية لا تأخذ هذا التأثير فى الاعتبار كما أنها تأخذ فى الاعتبار أن الكمية الكلية لغاز الأوزون يمكن أن تتغير فى الحالة الطبيعية بمقدار ٦٪ فى العام .

في الفترة ١٩٧٠ ـ ١٩٨٤ استخدمت آجهزة علمية حديثة لقياس الكمية الكلية لغاز الأوزون وبتحليل هذه الأرصاد احصائيا تبين أن غاز الأوزون يتغير من خط عرض الى آخر وأن نسب تركيز هذا الغاز عند أى ارتفاع تتغير أيضا على حسب خطوط العرض ٠

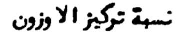
ان أرصاد الأجهزة المحمولة بالبالونات والأقمار بينت أن هناك نقصا لتركيز غاز الأوزون فى طبقة الاستراتوسفير وزيادة التركيز فى طبقة التروبوسفير وهذه النتائج كانت موافقة الى حد ما مع نتائج النماذج الرياضية ولكن كما تعلم أن عدد المحطات التى تستخدم الأقمار الصناعية والبالونات هو عدد محدود لدرجة تجعلنا لا نعتمد على هذه الأرصاد والتأكد من صحة استخدام النماذج الرياضية فى التنبؤات ٠ وبتحليل بعض أرصاد الأوزون التى أخذت بأجهزة مختلفة تبين آن تركيز غاز الأوزون فى الفترة الزمنية ١٩٧٠ ـ ١٩٨٠ وعند ارتفاع ٣٥ كيلو تقريبا قد قلت بمعدل ٥ر٢ من قيمتها العادية وهذه النتائج أيضا تتوافق مع نتائج النموذج الرياضى وعلى العموم فهذه النتائج لم تثبت صحتها الى الآن وغير مؤكدة ولا يمكن الاعتماد عليها فى التنبؤ بمعرفة الكمية الكلية لغاز الأوزون أو أى غاز آخر فى المستقبل ٠

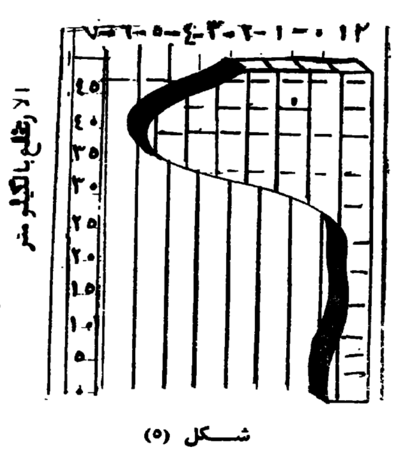
توجد عدة نماذج احصائية يمكن استخدام احداها للتنبؤ بتغيرات الكمية الكلية لغاز الأوزون المستقبلية فى الغلاف الجوى كما يمكن استخدام هذه النماذج أيضا

فى حساب التوزيع الرأسى لغــاز الأوزون ٠ والنتــائج التى نحصل عليها من هذه النماذج هى نتائج متفقة فقط مع الاتجاه العام لمنحنيات الأوزون المرصودة ومختلفــة فى القيم التى عن طريقها يمكن الحصــول على تنبؤات تصل دقتها الى درجة عالية ٠

ونلاحظ أن النمــاذج الــرياضية ترى أن زيادة كميات الكلوروفلوروكربون وآكسيد النتروجين يحدثان نقصا للكمية الكلية لغاز الأوزون وأنه اذا ظل انتــاج واستخدام مادة الفلوروكلوروكربون كما كانت عليــه فى عام ١٩٨٠ وظلت تركيزات المواد الكيميائية الأخرى ثابتة فى الجو فان هذا ســوف يؤدى الى نقص الكميــة الكلية لغاز الأوزون بحوالى ٧٪ من الكمية الطبيعيــة وعندما تنقص كمية الأوزون فسوف يؤدى هـــذا الى ارتفاع النهاية العظمىلتركيز الأوزون من ٢٠كيلومترا الى ٢٥ كيلومترا هذا وسوف تقل نسبة تركيز الأوزون بمقــدار ٦٠٪ من قيمتهــا الطبيعية عنــد ارتفاع ٤٠ كيلومترا (شكل ٥) ٠

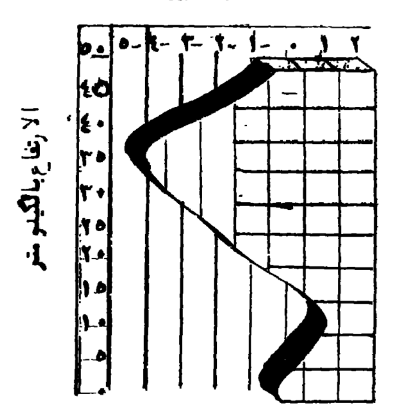
أما اذا استخدم نفس النموذج وسمح لثانى أكسيد النتروجين بالازدياد بمقدار ٢٠٪ وظلت تركيزاتالمواد الأخرى ثابتة فســوف يؤدى هــذا الى نقص فى كميــة الأوزون قد يصل الى ٢٪ من قيمته الطبيعية ٠ (شكل٦) واذا تضاعفت كمية غاز الميثان فى الغلاف الجوى فسوف يؤدى هذا الى زيادة الكمية الكلية لغاز الأوزون بمقدار





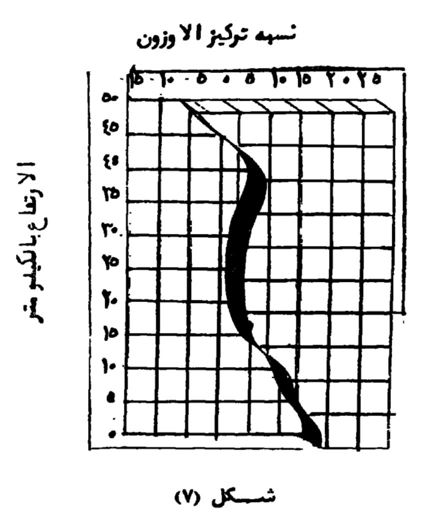
شـــكل (٥)

يوضح نقص نسبة تركيز الأوزون بمقدار ٤٠٪ من قيمتها عند ارتفاع ٤٠ كيلومترا عندمـا يزداد انتـاج الكلوروفلوروكريون بمقدار ٥ر١٪ سنويا ٠



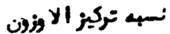
شـــكل (٦)

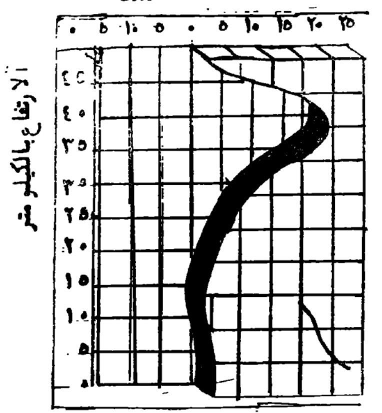
يوضـــح نقص نســـبة تركيز غاز الأوزون بمقدار ٢٪ من قيمتها عنـــد ارتفـــاع ٣٧ كيلومترا عندما يزداد أكسيد النتروجين بمقدار ٢٠٪ .



شـــكل (٧)

يوضـــح زيـادة نسبة تركيز الأوزون بمقـــدار ٣٪ من قيمتها عنـــد ارتفـاع ٣٥ كيلومترا عندما تضاعف كميته الميثاق الموجودة فى الجو .





(شــكل (٨)

يوضح زيادة نسبة تركيز الأوزون بمقدار ٣٪ عند ارتفاع ٤٠ كيلومترا عندما تضاعف كمية ثانى أكسيد الكربون فى الجو ٠

٣٪ من قيمتها الطبيعية (شكل ٧) والسبب فى ذلك أن غاز الميثان يتفاعل مع ذرات الكلور النشطة التى تهاجم جزئيات الأوزون حيث ان الذرة الواحـدة من الكلـور النشط يمكنها تدمير وتحطيم مايربو على مائةألف جزىء من غاز الآوزون كما أنها تخرج من هـذا التفاعل دون أدنى تغير وتكون بذلك اشتركت فى التحطيم كما لـو كانت عاملا مساعدا تدخل فىالتفاعل ونخرج منه بدون أى تغيير يطرأ عليها ٠

وباستخدام النماذج الرياضية التى تسـمح بتغير غاز ثانى أكسيد الكربون وزيادته الى الضعف فان هذا سوف يؤدى الى زيادة الأوزون بمقدار ٣٪ وهذا يحدث لأن ثانى أكسيد الكربون يعمل عمل البيـوت الخضراء (البيوت الخضراء تسـمح بدخـول أشـعة الشـمس ولا تسمح بخروجها) فى طبقة التروبوسفير حيث انه يمتص الموجات الطويله الآتيه من الأرض ولا يسمح لها بالوصول الى طبقه الاستراتوسفير وبذلك ترتفع درجة حرارة التروبوسفير وتقل درجة حرارةالاستراتوسفير ٠ وحيث ان معدل سرعة التفاعلات الكيميائية تعتمد بشدة على درجات الحرارة فيمكن القول ان غاز ثانى أكسيد الكربون يسبب زيادة لغاز الأوزون (شكل ٨) ٠

والآن نستخدم للتنبؤ بعض النماذج الرياضيه التى تشمل على عدة عوامل متغيرة ولسهولة الحسابات نثبت كل المتغيرات ونسمح لعنصر واحد فقط بالتغير وهـذا

غير صحيح · لأن ليس بالضرورة احتواء النماذج الاحصائيه على قيم نسب تركيز هذه الغازات فى الجو بل يجب أن تشمل على عناصر توضح مدى تفاعل هذه الغازات بعضها البعض ·

الى أنه اذا استمرت زيادة الكلوروفلوروكربون بمقدار ٥ر١ ٪ سنويا فهذا يؤدى الى نقص الأوزون محليا ونقص نسبة تركيزه عند ارتفاع ٤٠ كيلومترا بمقدار ٤٠٪ من قيمتها العادية · وتشير أيضا بعض النماذج الاحصائية الى أنه عند زيادة انتاج واستخدام الكلوروفلوروكربون بمعدل ٢٥ ٪ سنويا حتى عام ٢٠٠٠ فهذا سوف يؤدى الى نقص فى الكميه الكليه لغاز الأوزون بمقدار ٢٦٪ وأن علاج هذا النقص سوف يكلفنا مبالغ باهظة ·

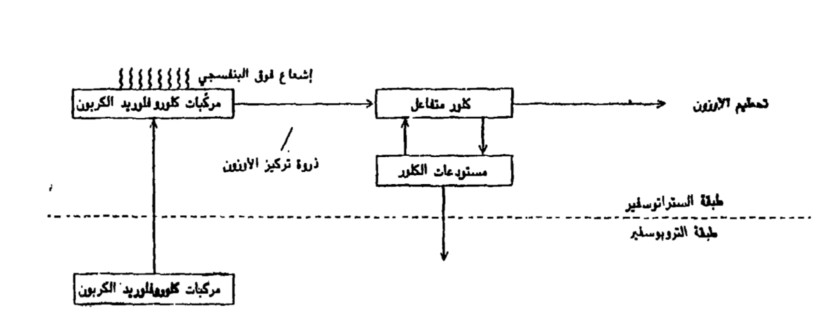
الأوزون والديناميكا الجوية :

التغيرات الديناميكية الجوية قد تلعب دورا مؤثرا ينبع من حقيقة أن الجو ليس ساكنا بل هو مائع ثلاثى الأبعاد يتحرك على الدوام لا يتغير فيه مكان الأوزون وكميته فقط فحسب بل أيضا مكان وكميات جميع المواد الكيميائية التى تؤثر فيه ·

ويرى بعض العلماء أن حركة الهواء توفر التعليل المعنوى القوى ويبدو من المحتمل فى هذه الحالة أن الهواء الفقير بالأوزون يتحرك الى المنطقة القطبية

والجنوبية مؤقتا ربما من الجزء السفلى من الاستراتوسفير ويسبب ذلك نقصا فى غاز الأوزون (الثقب الآوزونى) ومن ناحية آخرى فحين قاس الباحثون تركيزات الغازات التى بفحصها تعرف حركة الهواء فانهم لم يجدوا دليلا لاندفاع هواء باستمرار الى أعلى على نطاق واسـع فى طبقة الاستراتوسفير ٠

ويلاحظ آن كميات الأوزون المقاسة فى فصل الربيع لطبقة الاستراتوسفير قد هبطت فى كل المنطقة الواقعه جنوب خط عرض ٤٥° فى نصف الكرة الجنـوبى وأن الانخفاض فى دوران الهواء من درجات خطوط العرض المعتدلة لابد أن يكون قد أسهم فى هذا الهبوط وعـلى سبيل المثال فان الهواءالمستنزف كيميائيـا من الدوامة القطبية قد يمتزج بالهواء فى المنطقة المحيطة الأمر الذى ينجم عنه خسارة صافية فى الأوزون ٠ وأكثر الظن أن مركبات كلوروفلوريد كربون هى التى تسهم اسـهاما فعالا فى انقاص الكمية الكلية لغـاز الآوزون أو أنهـا تسبب النقص للأوزون ففى طبقة التروبوسفير تظـل مركبات الكلوروفلورو كربون خاملة وترتفع الى أعـلى حتى تصل الى طبقة الاستراتوسفير العليا فوق المنطقـة التى تبلغ فيها تركيزاتالأوزون ذروتها ويكون الاشعاع فوق البنفسـجى هنـاك شـديدا لدرجة تكفى لتفـكك جزئيات الكلوروفلوروكربون منتجة ذرات الكلور وتقوم هذه الذرات بمهاجمة الأوزون وتؤدى هذه العملية الى احداث نقص فى غاز الأوزون٠ وتنتهى الآثار التحطمية



شكل (٩) يوضح تأثير ذرة الكلور على الأوزون

للكلور عند اتحاد الذرات بموادآخرى وتكون مستودعات من الكلور المستقر وقد تتفكك هذه الجزئيات لوجود الحرارة أو الضوء معيدة الكلور الى الاستراتوسفير حيث تزيلها من الجو عمليات كثيرة ومتنوعة انظر شكل(٩).

وتشير النتائج الحديثة الى أن مركبات الكلوروفلورو كربون لابد أن يكون لها حتى الآن أثر ضئيل فى احداث النقص للأوزون وكذلك الظواهر الجويةالفريدة التى تسود فى منطقة القارة القطبية مثل الدوامة القطبية ودرجات الحرارة الاستراتوسفيرية القارسة البرودة والسحب الاستراتوسفيرية القطبية تسهم اسهاما فى احداث النقص .

من كل هذا نرى أن وجود نقص الآوزون فى نصف الكرة الجنوبي قد يكون ظاهرة محلية لن تعيد نفسها فى المناخات الأدفأ والديناميكيا الجوية لم نستطع تفسيرها.

ان هناك أمرا واحدا واضحا ألا وهو أن مركبات الكلوروفلورو كربون قادرة على تغيير كميات الأوزون فى الجو . وفضلا عن ذلك فان الكلور الذى تم ادخاله فى طبقة الاستراتوسفير سيتفاعل مع الأوزون لعدة عقود قادمة .

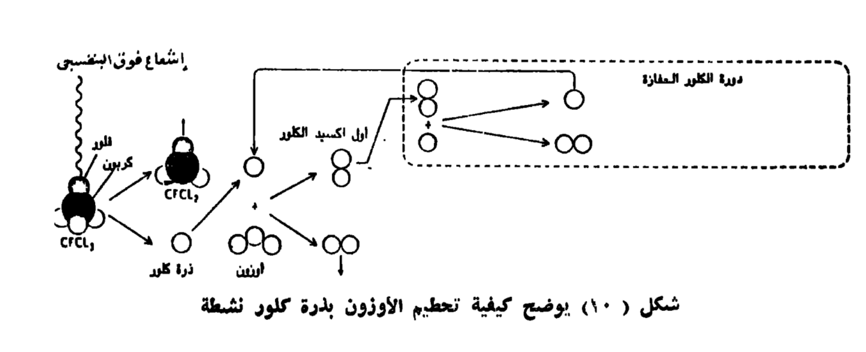
الأوزون ينقص فى القارة القطبية الجنوبية فقط :

فى عام ١٩٨٥ أعلن فريق من العلماء الانجليز أنهم اكتشفوا ظاهرة مدهشة فى القطب الجنوبى وهى

وجود نقص لغاز الأوزون هناك بعدها بدأت دراسات تجريها مؤسسات الفضاء الأمريكيه وذلك بالرجوع الى السجلات التى تحوى الأرصاد القديمة عن طبقات الجو العليا فوجدوا أن هذه الظاهرة تتكرر منذ عدة سنوات ولم ينتبه أحد اليها • وكان الظن آن الذى يسبب نقص الأوزون هى مكونات النيتروجين التى تخرج من عادم الطائرات الأسرع من الصوت حيث ان هـذه الطائرات تحلق على ارتفاعات الاستراتوسفير حيث توجد طبقـة الأوزون وسوف نبين فيما يلى أن هذه العملية ليست لها أدنى تأثير على طبقة الأوزون •

وهناك نوعان رئيسيان من التفاعلات يعتقد أنهما يتدخـلان فى عملية تحطيم الأوزون عـلى الأقل عنـد الارتفاعات المتوسـطة • ففى احـدى الحالات يتفاعل أول أكسـيد الكلور مع أكسـيد النتريك وتنتقل ذرة الأكسجين من أول أكسيد الكلور الى أكسـيد النتريك منتجة ذرة كلور طليقة وأكسيد النتروجين (ن أ$_2$) . وعندما يمتص ثانى آكسيد النتروجـين الضوء المرئى فانه يحرر ذرة أكسجين تكون عند ذلك جاهزة لأن تعيد توليد الأوزون مرة أخرى انظر شكل(٩) وتكون محصلة هذهالتفاعلات عدم حدوث تغير فى مستوى الأوزون •

تنتشر السحب الاستراتوسفيرية فى منطقة القـارة القطبية الجنوبية بشكل أوسع من انتشارها فى القطب الشـمالى • وتتـكون هـذه السـحب فى المنطقـة



شكل (١٠) يوضح كيفية تحطيم الأوزون بذرة كلور نشطة

الاستراتوسفيرية وخاصة فوق القارة القطبية الجنوبية بسبب الانخفاض الشديد في درجات الحرارة في فصل الشتاء (تنخفض درجة الحرارة الى ما دون ـ ٨٠° م) وهذا الانخفاض يسبب تكثيف وتجميد بخار الماء وربما غازات أخرى مثل حمض النتريك وقد رأى بعض العلماء أن هذه السحب قد تساعد على تحطيم مستودعات الكلور مطلقة ذرة الكلور النشطة لتحطيم الأوزون عندما يبدأ فصل الربيع وهذا تفسير تغير حدوث النقص لغاز الأوزون في قارة القطب الجنوبي دون غيرها . حيث تتكثف وتتجمد مركبات النتروجين أثناء فصل الشتاء وتكون مختلطة مع جسيمات السحب الاستراتوسفيرية وتصبح عند ذلك غير متوافرة للتفاعل مع الكلور وفي الوقت نفسه فقد تساعد الجسيمات في السحابة لتحويل مستودعات الكلور الى كلور نشط وفي ظلام الشتاء القطبي فان العديد من العمليات الكيميائية تتوقف في واقع الأمر تماما . على أية حال فمن الممكن لجسيمات هذه السحب أن تلتقط وتعدل مخزون الكلور الرئيسي تعديلا بطيئا وبذلك تهيىء التفكك السريع لأول أكسيد الكلور حين تبدأ الشمس بالسطوع .

ان وجود قدر معقول من البروم في السحب الاستراتوسفيرية القطبية قد يساعد في التعويض عن نقص ذرات الأكسجين الطليقة وهذه المادة الكيميائية (البروم) تطلق الى الجو من مركب بروم المثيل الموجود عادة في الطبيعة ومن مصادر الدخان والغازات وبعض

مطافىء الحريق ويمكن للبروم أن يتفاعل مع الأوزون ويكون أول أكسيد البروم وجزىء الأكسجين كما أنه يمكن لأول أكسيد البروم آن يتفاعل بدوره مع آكسيد الكلور كي يكون جزىء أكسجين آخر يطلق ذرات حرة من البروم وتكون النتيجة هى تحويل الأوزون الى أكسجين • وعلى العموم فالأرصاد تبين أن تركيز البروم قد لا يكون عاليا فى طبقة الاستراتوسفير القطبية •

الأوزون والكلوروفلوروكربون :

تم تخليق الكلوروفلوروكربون لأول مرة فى عام ١٩٢٨ على يد مجموعة من علماء شركة جنرال موتورز الأمريكية وفرح العالم بتخليقها لأن هذه المادةالكيميائية الفريدة تتألف من الكلور والفلور وذرات الكربون وتتميز بأنها غير سامة وخاملة بمعنى أنها لا تتحد بسهولة مع المواد الأخرى ونظرا لأنها تتبخر عند درجة حرارة منخفضة فان الكلوروفلوروكربون يعتبر مادة تبريد ممتازة فى الثلاجات وأجهزة تكييف الهواء وفى علب الرش عند تطاير الغازات منها بقوة الاندفاع كما أنها تستخدم فىالعبوات التى ترش البويات والكولونيات والمبيدات الحشرية وكدافعات لرذاذات الغازات أو الأبخرة المضغوطة فى وعاء وكمنظفات للقطع الالكترونية • والكلورفلوروكربون عازل جيد ولذلك فهو يعتبر مادة قياسية لصناعة خامة البلاستيك الرغوى

مثل الاسترين الرغوى وعلى العموم فالكلورفلوروكربون مادة سهلة التصنيع ورخيصة الثمن •

ان كثيرا مما يصل من الكلورفلوروكربون الى الغلاف الجوى ليس مصدره المصانع وانما مصدره أعمال تشبه الاستخدام المفرط للعلب المصنعة من البلاستيك الرغوى اذ عند كسر مثل هـذا النـوع من العلب ينطلق منهـا الـكلوروفلوروكربون المختزن بداخلهـــا كذلك فان الثـلاجات وأجهزة التبريد الملقـاة فى العـراء لعـدم صلاحيتها ينطلق منها الكلوروفلوروكربون ولوحظ أن جزءا كبيرا من الكلوروفلوروكربون ينطلق فى الجو من ارتشاح أجهزة تكييف هواء السيارات وترك المادة فى أوعية حيث تتبخر •

حين تنطلق مادة الكلوروفلوروكربون فى الغلاف الجوى يكون أثرها قاتلا ومدمرا للبيئـة فان الجـزىء الواحد منه أقوى من جزىء ثانى أكسيد الكربون عشرين ألف مرة فى احتجاز الحرارة •

ومشكلة أخرى أكثر مباشرة وهى أن الكلورالمنطلق عنـدما تتنـاثر جزئيـات الكلوروفلوروكربون يدمر جزئيات الأوزون والمعروف أن طبقة الأوزون الموجودة فى الغلاف الجوى على ارتفاع يتراوح ما بين ١٦ ــ ٣٦ كيلومترا وأن هـذه الطبقة ضرورية لبقـاء الانســان والنباتات والحيوانات وذلك لأن جزىء الأوزون الذى يتألف من ثلاث ذرات أكسجين يمتص غالبية الأشعة فوق

البنفسجية الصادرة عن الشمس وهذه الأشعة شديدة الخطورة بالنسبة للحياة على سطح الأرض .

وتعتبر مادة الكلوروفلوروكربون مادة خاملة وان عامل الخمول نفسه يجعل الكلوروفلوروكربون آمنا فى الاستخدام الصناعى مما يجعله يعمر فترة طويلة جدا ذلك أن بعض الكلوروفلوروكربون الذى يطلق اليوم مثلا سوف يبقى فى الغلاف الجوى لمدة قرن من الزمان زد على هذا أن كل ذرة من الكلوروفلوروكربون يمكنها أن تحطم ما يقرب من مائة ألف جزىء من الأوزون قبل أن تفقد فاعليتها أو تعود فى النهاية الى طبقة التروبوسفير حيث يتسبب التساقط (الهواء والمطر وخلافه) وعمليات أخرى فى ازالتها من الجو .

وحتى الآن فتأثير مركبات الكلوروفلوروكربون ضئيل على طبقة الأوزون المحيطة بسطح الأرض . واذا كان العلماء يفسرون نقص الأوزون الذى يصل الى ٤٠٪ من كميته الكلية فى فصل الربيع فى القطب الجنوبى فهذا يعنى بأنه اذا كان الكلور الآتى من مركبات الكلوروفلوروكربون هو المسبب لهذا النقص فان التفاعلات التداخلية العادية تتضاءل بطريقة ما خلال فصل الربيع بالنسبة للقارة القطبية الجنوبية وتترك الفرصة لذرات الكلور لمهاجمة غاز الأوزون وتحطمه .

يؤثر غاز الكلور على طبقة الاتزان الأوزونى الموجودة فى طبقة الاستراتوسفير ويؤدى تأثيره الى نقص

كمية الأوزون عند هذه الارتفاعات نتيجة أن غاز الكلور يقوم بعملية تسريع تحول الأوزون الى مركباته الأوكسجينية والأهم من ذلك أن الكلور مثله مثل أكاسيد النتروجين يقوم بدور العامل المساعد أى أنه لا يتغير خلال تحطيم الأوزون ٠

فعندما تصطدم ذرة الكلور (كل) بجزىء الأوزون فهذه تسلب جزىء الأوزون الذرة الثالثة منه ويكون ناتج هذا الاصطدام هو تحول الأوزون والكلور الى أول أكسيد الكلور (كل أ) وجزىء أكسجين وعند التقاء أول أكسيد الكلور بذرة الأكسجين الطليقة تنطلق ذرة كلور مرة ثانية وتبدأ من جديد بتحطيم الأوزون ٠ شكل (١٠) ٠

الأوزون والبراكين :

ان منظور السماء الأحمر الذى رصد من سطح الأرض وكذلك من الطائرات وقت الغسق ماهو الا تأكيد مرئى على الأيروسولات المنطلقة من بركان الشوشان (المكسيك) فى طبقة الاستراتوسفير أثناء ثورته فى مارس ١٩٨٢ ٠ وقد استمرت هذه الظاهرة طوال الجزء الأكبر من عام ١٩٨٢ على المناطق المدارية فى نصف الكرة الشمالى وظهرت هذه السمات أيضا فى خطوط العرض المعتدلة (٤٥° ـ ٦٠°) شمالا وكذلك خطوط العرض العالية فى فصلى الربيع والصيف لعام ١٩٨٣ ٠

وكان من المتوقع أن يكون تأثير هذا البركان على طبقة الاستراتوسفير أكبر من أى بركان حدث خلال الأعوام السابقة الأخيرة · وقد أثبتت القياسات بواسطة أشعة الليزر أن التغير فى محتوى الأيروسولات من الفترة الساكنة (١٩٧٥ ـ ١٩٧٩) الى الفترة النشطة أن الثورات البركانية هى التى تطلق بكميات كبيرة من الملوثات فى طبقة الاستراتوسفير ·

ولقد لوحظ أن بركان الشوشان قد قذف أثناء ثورته كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكبريت وتقدر بعشرات الملايين من الأطنان فى طبقة الاستراتوسفير ويستمر تأثير ثانى أكسيد الكبريت فيها فترة طويلة من الزمن وقد تصل الى عدة سنوات وثانى أكسيد الكبريت يتحول الى حامض كبريتيك فى الجو ·

والتأثير الأساسى لسحابة حامض الكبريتيك ينشأ نتيجة التبعثر أو الامتصاص للاشعاع الشمسى بواسطة هذه السحابة وتكون محصلة هذا هو زيادة درجات الحرارة للاستراتوسفير فى الطبقة القريبة من سطح الأرض ولقد لوحظ أيضا أن شدة الاشعاع الشمسى قد نقصت عن قيمتها العادية بعد ثوران البركان (الشوشان) ولقد تم قياس هذا النقص فى مرصد مونالو بهاواى وشمال الباسيفيك ولوحظ ان الاشعاع قد قل بشكل ملحوظ فى ابريل ١٩٨٢ هذا بمقارنة قيمته المتوسطة خلال فترة ٢٦ سنة واستمر هذا النقص بعد حدوث

ثوران البركان لمدة ١٤ شهرا كما أنه لوحظ أيضا أن شدة الاشعاع تقل عن معدلها العادى (متوسط ٢٦ سنة) فى خلال عام ١٩٦٣ ٠

فى أغسطس ١٩٨٢ وجد آن سحابة من الأتربة فى طبقه الاستراتوسفير (بداية من ارتفاع التروبويوز وحتى ٣٣ كيلومترا) تغطى المنطقة الواقعة بين خط عرض ١٠ جنوبا وحتى ٣٠ شمالا ٠ وآن معظم ثانى أكسيد الكبريت قد تحول الى حامض كبريتيك ٠

وفى نهاية الأمر سوف تصل معظم السحابة الترابية هذه الى الأرض فى صورة أمطار حمضية ولكنها تنتشر بدرجة كبيرة لدرجة أنه من الصعب الكشف عنها فى المصادر الطبيعية الأخرى ٠ ونظرا لخواصها الاشعاعية فان آثار تأثير الأيروسولات قد ظهرت مع قياس درجات الحرارة لمستوى سطح البحر ٠

واحتمال تغير المناخ على سطح الأرض مرتبط ارتباطا وثيقا بتغير كمية غاز الأوزون فى طبقة الاستراتوسفير على المناخ ضعيف وقد يكون معدوما ٠ والزيادة فى كمية الأوزون فى طبقةالتروبوسفير يتبعها زيادة فى امتصاص موجات الأشعة الطويلة الخارجية من سطح الأرض وخاصة موجات دون الحمراء عند الموجات التى متوسط أطوالها ٩٦٠٠ أنجستروم ٠ وبذلك يكون تأثير الأوزون فى الجو فى هذه الحالة مثل ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد النتروجين والكلوفلورميثان ٠

وأثبتت الدراسات السابقة أن الثورات البركانية تسبب نقصا في درجة الحرارة في حدود نصف درجة أثناء الأشهر القليلة الأولى من الثورة البركانية على خطوط العرض القريبة من الانفجار وهذا التبريد يتأخر من ٦ ـ ١٣ شهرا في حالة الثورات البركانية البعيدة ٠

وظهرت آثار تأثير ثوران الشوشان بوضوح عن طريق قياس الكمية الكلية لغاز الأوزون باستخدام جهاز دوبسون سيكتروفوتومتر كما يتوقع أن الثورات البركانية تؤدى الى نقص فيالكمية الكلية لغاز الأوزون نتيجة لقذف مركبات الكلور ٠

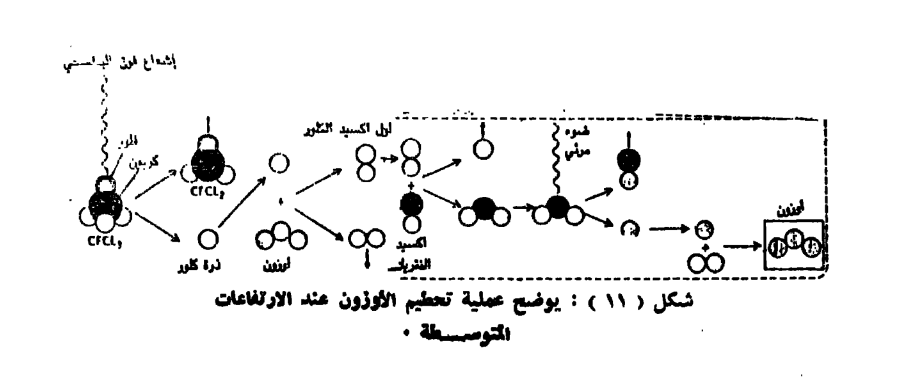
وفي خلال عام ١٩٨٢ وحتى بداية ١٩٨٣ وجد بالفعل أن كميات غاز الأوزون قد نقصت بشكل مختلف عن نقصه أو زيادته العادية التى تظهر فى أرصاده السابقة وحدث ذلك علىعدة محطات فى أمريكا الشمالية وأوروبا واليابان ٠ وظهر نقص فى كمية الأوزون الموجودة فى طبقة الاستراتوسفير فى أواخر مارس وأوائل أبريل ١٩٨٢ وكان ذلك نتيجة لقذف بركان الشوشان للأيروسولات فى الاستراتوسفير فى أوج ثورته ٠

ونذكر تبعا لبحث الموضوع أن الاشعاع الشمسى انخفض فى الفترة (١٩٦٣ ــ ١٩٧٠) عندما انفجر بركان جبل أجونج فى عام ١٩٦٣ وقذف بكميات كبيرة

من الغبار الى الغلاف الجـوى حجبت أشـعة الشـمس وأضعفت مفعولها وبقي مفعـول الأشـعة في ارتفاع وانخفاض بسبب حجبه بالغبار حتى ١٩٧٠ حيث عادت الأمور الى مجاريها بسبب التـوازن الطبيعي واذا كانت الكمية الكلية لغاز الأوزون كانت قد قلت أثناء هـذه الفترة فسوف تعود الى ما كانت عليه وكان في الامكان أن يسمى هذا النقص بالثقب الأوزوني .

ويمكن حدوث هذا النقص أو المسمى بالثقب لغاز الأوزون نتيجة قذف الملوثات في الهواء بدون حسـاب وخاصة الملوثات الخـاملة التي يسـتمر وجـودها في الهواء لعدة سنوات وتوجد بعض الملـوثات التي يستمر وجودها في الهواء لأكثر من مائة عام ويمكن للهواء أن ينقلها الى طبقة الاستراتوسفير حيث تزداد شدة الاشعة فوق البنفسجية وهناك تصبح هذه المادة نشطة كيميائيا وتطلق الكلور النشط الذى يعوق تكون الأوزون ويسرع من تفككه .

وتتضمن كيمياء الكلور عمليات تساعد على تحطيم غاز الأوزون ـ وعمليات أخرى تعـرقل وتعـوق هذا التحطيم انظر الشكل (١١) ومن الشكل يتضح أن ذرة الكلور لا تستهلك بل هي تشترك في التفاعل كعـامل مساعد حيث انها تتحد أولا مع ذرة الاكسجين (تأخذها من جزىء أوزون) مكونة أول أكسيد الكلور وجزىء أكسجين مستقرا وعند اصطدام أول أكسيد الكلور بذرة



شكل (١١) : يوضح عملية تحطيم الأوزون عند الارتفاعات المتوسطة .

أكسجين أخرى تتحد ذرتا الأكسجين بسرعة محررة ذرة الكلور كى تبدأ من جديد فى تحطيم جزىء أوزون .

وهناك عمليات أخرى أو تفاعلات أخرى حيث انه يمكن لثانى أكسيد النتروجين أن يرتبط بأول أكسيد الكلور ليكونا مستودعا من نترات الكلور وحين يكـون الكلور مقيدا بهذه الطريقـة فلا يمكنـه التفاعل مع الأوزون .

ويوجد مصدر آخر للتفاعل وهـو اكسيد النتريك الذى يأخذ ذرة الأكسجين من أول آكسيد الكلور ويمتص الضـوء المرئى ويعبر توليد الأوزون انظر شكل (١١) وتوحى التعليـلات الكيميائية للنقص فى غاز الاوزون أن الظروف المناخية الفريدة فى القطب الجنوبى تقلل مثل هذه التفاعلات الى الحد الأدنى تاركة مجال تحطيم الكلور للأوزون هناك .

الأوزون والبرق :

عرف الناس منذ قرنين من الزمان الرائحة الخانقة التى تميز غاز الاوزون حيث ان هذه الرائحة تحـدث عندما تمر شرارة كهربائية قوية فى الجو ومثـل هذه الرائحة تنشأ أيضا فى المعامل التجريبية والتكنولوجية وهذه الشرارة الكهربية قد تحدث فى الجو نتيجة حدوث البرق وقد يذهب ضـوء البرق بالأبصـار . ويتـكون البرق نتيجة لوجود البرد داخل السحب ونزوله أو تذبذبه

بين طبقتين مشحونتين مما يؤدى الى ارتفاع كمية الكهرباء على السحب المتراكمة الى درجة تؤدى الى حدوث تفريغ كهربى هائل قد تصل شرارته الى ثلاثة أميال فى طولها محدثة برقا تصل فيه درجة الحرارة الى الابيضاض فيؤدى الى تمدد الهواء فجأة فى المنطقة المفرغة فتبرد برودة شديدة فيتكاثف ما فيها من البخار (من كتل السحب) فينزل على الأرض اما مطرا واما بردا حسب مقدار البرودة الحادثة فى تلك المناطق كما أن التمدد الفجائى للهواء يحدث صوتا يدعى الرعد يتردد بالانعكاس بين كتل السحاب مسببا صوتا عنيفا .

وفى سنة ١٩٤٥ م . بين العالم دويسون أنه عند تكون السحب الرعدية فان الكمية الكلية لغاز الأوزون يمكن أن تتضاعف حيث ان السحب الرعدية تكون مصاحبة للجهات الباردة التى تقوى الحركة الرأسية للهواء الى أسفل وهذه الحركة هى التى تسمح لانتقال الغاز من الارتفاعات الغنية به الى الارتفاعات التى تفتقر اليه .

ولقد لوحظ أنه فى حالة حدوث البرق الذى يظهر على ارتفاع ١٠ كيلومترات فان تركيز غاز الأوزون يزداد ٥ر١ مرة عن معدله الطبيعى فى طبقة التروبوسفير . كما أن نسبة تركيز هذا الغاز تزداد ١٠ مرات فى حالة السحب الرعدية عن معدلها ثم تعود مرة أخرى الى معدلها الطبيعى فى فترة زمنية تقدر بحوالى ثلاث أو أربع ساعات منذ بداية تكون السحب الرعدية . أما فى

حالة حدوث البرق علـى ارتفاع ٨٥٠ مترا من سـطح الأرض فانه يسبب تكون كمياتاضافية من غاز الأوزون قد تساوى الكميـات التى ينتجهـا تأثير الأشـعة فوق البنفسجية فى طبقة الاستراتوسفير واذا حـدث البرق فان الومضة الواحدة منها تنتج كمية هائلة من الطاقة تقدر بحوالى ٢×١٠^{١٠} جول وهذه الطاقة كافية لانتاج كمية من غاز الأوزون تقـدر بحـوالى ٣٠ وحـدة من وحدات دويسون فى طبقة التروبوسفير وهذه الكميـة تتكسر بسرعة مذهلة أى تتحول الى جزىء أكسجين وذرة أكسجين وذلك للحفاظ عـلى الاتزان الطبيعى للأوزون ولكى تظل نسبة تركيزه فى طبقة التروبوسفير صغيرة ومتناسبة مع الغازات الأخرى •

انتاج البرق للأوزون يظهر بوضوح فى المنـاطق المعتدلة والمدارية وفى بعض الأماكن تم تسـجيل تأثير التفريغ الكهربائى البطىء مع كميات غاز الأوزون وقد لوحظ أنه قبل تكون السحب الرعدية فى طبقات الجـو الدنيا بثلاث ساعات يتكون فى المتوسط ٣×١٠^{-٨} ملليجرام من غاز الأوزون فى الثانيةالواحدة فى لتر من الهـواء والتفريغ الكهربائى قد يحـدث بين السـحاب والأرض وذلك اذا كان السـحاب قريبـــا من الأرض ومشحونا بشحنة كهربية عالية فاذا حـدث التفريغ بين السحابة وأى جسم مرتفع عن سطح الأرض فانه يسمى بالصاعقة والتى تظهر بوضوح وتكون مصحوبة بصوت مرتفع • وقد تتعرض الأشـجار والمنـازل والسـفن للصواعق •

والتفريغ الكهربائي في مثل هذه الحالات يحدث مجالا كهربائيا شدته ٨ ـ ٩ فولت / سم وشدة مجال الصدمة الكهربائية الناتج عن ذلك يتناسب طرديا مع مربع شدة المجال الكهربائي وقد يصل الى ٢٠٠ فولت/ سم عند حدوث الرعد • وبهذه الطريقة يتحرر عدد من الالكترونات التي تحمل الطاقة الناتجة من التفريغ الكهربائي • وهذه الطاقة بدورها تسبب تأين جزيئات وذرات مكونات الهواء وفي بعض الأحيان نجد أن البرق يزيد من تأثير الفوتونات الضوئية لأطياف الأشعة فوق البنفسجية وبذلك تزداد شدة هذه الأشعة وتسبب أضرارا جسيمة للأحياء• ومثل هذه الشرارة الكهربائية تساعد على تحويل خليط من الأكسجين والنتروجين الى أكاسيد نيتروجينية قابلة للذوبان في الماء لتكوين أحماض أزوتية مثل حامض النتريك والنتريت ومثل هذه التحولات بالطبع يمكن أن تؤثر على غاز الأوزون كما أنها تغير طعم مياه الشرب وتلوثها •

التوزيع الجغرافي للأوزون :

فيما مضى كان يعتقد أن توزيع الأوزون على سطح الكرة الأرضية يعتمد أساسا على خطوط العرض والزمن ومعامل ملوحة الأرض وفي السنوات القليلة الماضية تم عمل دراسات التوزيع الجغرافي للأوزون على المحيطات والقارات وكذلك الأماكن ذات الضغط المنخفض أو المرتفع• ولقد وجد أن الكمية الكلية لغاز الأوزون تزداد

فى المناطق المعتدلة عندما تهب عليها الرياح القطبيــة الباردة ولا يقف تأثيرها عند هذا الحد بل اذا واصلت هذه الرياح مسيرتها الى الأماكن الفقيرة بالأوزون فانها تسبب أيضا ارتفاعا لكميته ٠ وعندما تهب رياح ساخنة من الصحارى على المحيطات الواقعة فى المناطق المدارية فاننا نجد أن الكمية الكلية للغاز تقل بنسبة ٢٠ ــ ٥٠٪ من قيمتها الطبيعية ويمكن أن تصل قيمتها الى ١٦ر٠سم (١٦٠ وحدة من وحدات دويسون) وسوف نعطى مثالا على نقص كمية الأوزون فى المناطق المدارية (الباكستان) فقد هبطت كميته هبوطا يفوق الخيال ولو حدث هذا فى مثل هذه الأيام لظن الناس أن هنــاك ثقبــا آخــر للأوزون فى المناطق المدارية مثل ثقب القارة القطبية الجنوبية ٠

وفى عام ١٩٥٠ لوحظ أن الكميــة الكليــة لغــاز الأوزون قد وصلت فى الباكستان الى أقل قيمة لهــا فى العالم حيث كانت ١٢ر سم (١٢٠ وحــدة دويسون) ولا يمكن تفسير هــذه الظاهرة الا عن طريق التغيرات المحلية التى تحدث فى الجو ٠

ولم يستطع أحد تفسيرها عن طريق ارتباط الكمية الكلية للغاز مع خطوط العرض ٠

وبدراسة الكمية الكلية لغاز الأوزون على ســطح الكرة الأرضية يمكن أن نلاحظ أن هنــاك ثلاث مناطق غنية جدا بالأوزون الأولى هى شمال شرق أمريكا حيث تصل كمية الأوزون هناك الى أكثر من ٤٦ر سم والمنطقة الثانية هى شمال شرق أوروبا وتكون الكمية أكبر من

٤٢ر سم والمنطقة الثالثة شمال شرق آسيا والكمية تصل الى ٤٢ر سم ٠ والكمية الكلية تكون أكبر بكثير على المناطق السابقة فى فصل الربيع وتضعف فى فصل الخريف ٠

ويمكن ملاحظة أن الكمية الكلية لغاز الأوزون ـ جنوب خط عرض ٣٠° شمالا تقل كلما اتجهنا جنوبا نحو خط الاستواء وتصل أكبر قيمة لغاز الأوزون فى هذه المنطقة ٢٥٤ر٠ سم ٠ وتحدث فى شهر مايو وأقل قيمة فى شهر ديسمبر ٢٤٨ر٠ سم ٠

وفى المنطقة المحصورة بين ٣٠ ، ٣٦° درجة شمالا نجد النهاية العظمى للكمية الكلية لغاز الأوزون هى ٣٢٤ر سم وتحدث فى شهر مايو أما النهاية الصغرى للكمية فهى ٢٥٧ر سم وتحدث فى شهر نوفمبر ٠

وبدراسة متوسط تغير الكمية الكلية لغاز الأوزون على خطوط العرض المختلفة فى فترتين مختلفتين الفترة الأولى (١٩٥٧ ـ ١٩٥٩) والفترة الثانية (١٩٦٤ ـ ١٩٦٦) نجد أن الكمية الكلية لغاز الأوزون فى الفترة الأولى دائما أصغر من نظيرتها فى الفترة الثانية أنظر الجدول (٢) وذلك فى المناطق الاستوائية والمدارية خط عرض ١٠ ـ ٣٠° شمالا ٠

جدول (٢) مقارنة بين كميات الاوزون فى فترتين مختلفتين على خطوط العرض (١٠ ـ ٣٠ درجة شمالا)

الوقت	يناير	مارس	يوليو	نوفمبر	متوسط العام
متوسط كمية الأوزون فى الفترة ١٩٥٧ ـ ١٩٥٩	٢٤٨	٢٦٢	٢٤٨	٢٤٨	٢٤٩
متوسط كمية الأوزون فى الفترة ١٩٦٤ ـ ١٩٦٦	٢٥٦	٣٠٨	٢٧٢	٢٧٣	٣٠٧

ويمكن القول بأن متوسط كمية الأوزون فى شهر يناير عند هذه الخطوط قد زاد من سنة ١٩٥٧ ـ ١٩٦٤ بمقدار ٨ وحدات من وحدات دويسون أى بمعدل ١ر١ وحدة فى كل عام • ويكون المعدل فى شهر مارس ١ر٢ فى كل عام وفى يوليو ونوفمبر ١ر٣ وعلى العموم فالأوزون فى هذه المناطق وفى هذه الفترة كان يزداد من عام الى آخر •

وعند دراستنا لهذه الظاهرة على خطوط العرض الأخرى وخاصة المناطق الغنية بالأوزون أى خط عرض ٥٠ ـ ٦٠° شمالا تجد أن العكس صحيح • فلقد وجد أن متوسط كمية الأوزون فى الفترة (١٩٥٧ ـ ١٩٥٩) هى ٣٥٦ وحدة دويسون وفى الفترة (١٩٦٤ ـ ١٩٦٦) هى ٣٥٠ وحدة أى أن كمية الأوزون قد قلت فى هذه

الفترة بمقدار ٦ وحدات أو بمعدل وحدة فى العام . ومن ذلك يتضح أن متوسط الكمية الكلية لغاز الأوزون قد يزداد فى مكان ما ومقابل ذلك تقل فى مكان آخر وبذلك يمكن القول انه ليس هناك قانون يحكم هذه التغيرات .

التوزيع الرأسى لغاز الأوزون :

باستخدام الأرصاد العالمية للتوزيع الرأسى لغاز الأوزون يمكن تقسيم العالم الى أربع حالات :

الحالة الأولى :

وهى التى تحدث فى المنطقة المدارية وفى هذه الحالة يصل تركيز الأوزون الى نهايته العظمى على ارتفاع ٢٤ ــ ٢٧ كيلو مترا والكمية الكلية للغاز فى هذه الحالة هى أقل قيمة له فى العالم وتصل الى ٢٦٠ر٠ سم وأحسن منطقة تميز هذه الحالة هى المنطقة التى تنحصر بين خطى عرض ٣٠ ــ ٣٥°

الحالة الثانية :

وتحدث هذه الحالة فى المناطق المعتدلة وتكون النهاية العظمى لتركيز غاز الأوزون على ارتفاع ١٩ ــ ٢١ كيلومترا والكمية الكلية لغاز الأوزون فى هذه الحالة أكبر من قيمته فى الحالة السابقة حيث تصل قيمته الى ٣٤٠ر٠ سم (٣٤٠ وحدة من وحدات دويسون) .

الحالة الثالثة :

وتحدث فى المنطقة القطبيــة ـ النهــاية العظمى لتركيز غاز الأوزون فى هــذه الحالة يقع عــلى ارتفاع ١٣ ـ ١٥ كيلومترا والكمية الكلية لغاز الأوزون تصل الى ٤٠٠ وحدة دويسون ·

الحالة الرابعة :

وهى الحالة التى يظهر فيها لتركيز الأوزون نهايتان عظيمتان على ارتفاعين مختلفين النهاية الأولى تظهر على ارتفاع ١٩ ـ ٢١ كيلومترا والثانية تظهر على ارتفاع ١١ ـ ١٤ كيلومترا ومثل هــذه الحالة تظهر فى بعض الأحيان فى المناطق المعتدلة والقطبية ويمكن أن تصــل الكمية الكلية لغاز الأوزون الى ٦٦٠ر سم وتظهر مثــل هذه الحالات فى نهاية الشتاء أو الربيع ·

وفى كل هذه الحالات نجد أن كميات الأوزون فى طبقــة التروبوســفير أقــل من مثيلاتهـــا فى طبقــة الاستراتوسفير بكثير وخاصة فى الحالة الأولى · وعــلى أية حال فان حالة من الحالات السابقة وخاصة الحــالة الثانية والثالثة يمكن أن تغير أماكن حدوثها من المناطق المعتدلة الى المناطق القطبية والعكس ·

وهناك أرصاد للتوزيع الرأسى لغاز الأوزون أخذت على محطة تقع على خط عرض ٤٠° شمالا ومثيلاتهــا على خط عرض آخر ٤٧° شمالا فى شــهر مارس حيث

تكون كمية الأوزون فى نهايتـه العظمى وفى شــهر سبتمبر فى نهايته الصغرى • ولقد وجدت آكبر كميـة تركيز للأوزون على ارتفاع ١٠ كيلومترات فى مارس• أما فى شهر سبتمبر فوجدت على ارتفاع ٢٢ كيلومترا وذلك عند خط عرض٤٠° شمالا والنهايةالعظمىلتركيز الأوزون فى المحطة التى تقع على خط عرض ٤٧° شمالا وجدت على ارتفاع ٢٠ر٥ كيلومترا فى سبتمبر • وعلى العموم فان النهـاية العظمى لتركيز غاز الأوزون فى الحالتين الثانية والثالثة عند ارتفاع ١٢ـ١٤ كيلومترا فى فصل الربيع • أما فى المناطق الاستوائية فى فصـل الخريف فنجد أن النهاية العظمى لتركيز غاز الأوزون تقع على ارتفاع٢٧ كيلومترا تقريبا على خط عرض٨° وقد ترتفع أكثر من ذلك حتى ٢٨ر٥ كيلومترا •

السحب الركامية والأوزون :

وهذه السحب تتكون بالنمو الرأسى وتشبه الجبال وتمتد من قرب سطح الأرض الى أكثر من ١٥ كيلومترا رأسيا الى أعالى طبقة التروبوسفير حيث تصل درجات الحرارة الى ما يقرب من ـ ٤٠° •

السحب الركامية تتكون من ثلاث مناطق :

المنطقة السفلى : وهى منطقة تتكون من قطرات الماء •

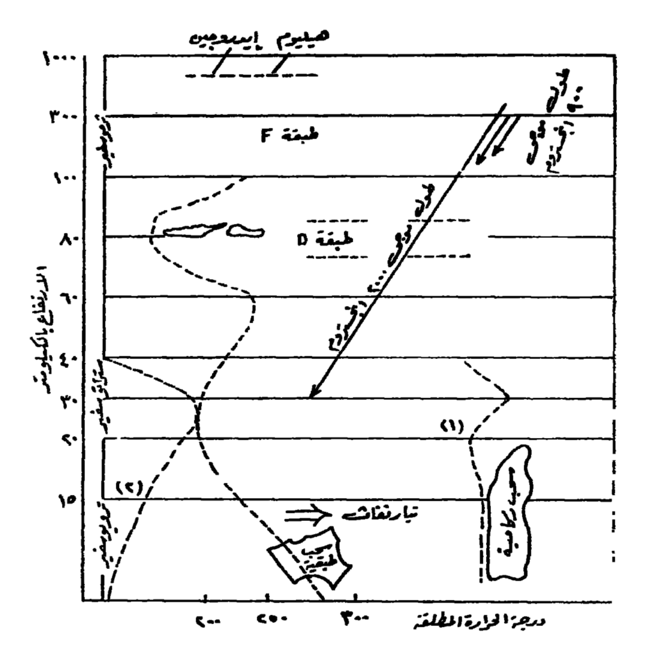
المطقةالوسطى : وهى منطقة نقط الماء الفوق مبرد

المنطقة العليا : وهي منطقة بللورات الثلج .

وتعتبر السحب الوكامية اهم أنواع السحب لانها هى التى تجود بالبرد وفيها تتكون ظواهر البرق والرعد ولقد بينا فيما سبق تاثير البرق والرعد على الكمية الكلية لغاز الأوزون .

وتوصل العلم حديثا الى أن جسيمات الغبار الخفيفة والمرئية ليست هى كل ما يتكاثف عليه بخار الماء فى الهواء بل ان الأيونات (الذرات المشحونة كهربيا) هى أيضا أيونات تكاثف هامة . وتتولد الايونات فى الهواء الجوى بتأثير الآشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس وآشعة جاما المنطلقة من العناصر المشعة فى القشرة الأرضية أو بتأثير الاحتكاك بين الرياح والجسيمات المحمولة بالتيارات الهوائية مما يؤدى الى تأين بعضها وتكون السحب . وهذه السحب عادة تكون مشحونة بشحنات كهربية .

وخلاصة القول فى حالة وجود السحب الركامية تتكون حركة رأسية للهواء الى أعلى وهذه الحركة تحدث نقصا فى كمية الأوزون وهذا النقص قد يؤدى الى زيادة الأشعة فوق البنفسجية والتى قد تصل الى الأرض وبخلاف الأضرار ــ التى تنجم عن زيادتها الا أنها يمكن أن تقوم بتأمين جزئيات الهواء لتكون أنوية تكاثف .



شكل (٢) التوزيع الرأسى لدرجات الحرارة فى الجو

(١) التوزيع الرأسى للأوزون فى المناطق المدارية

(٢) التوزيع الرأسى للأوزون فى المناطق القطبية

المراجع

١ ـ رسالة الدكتوراه للمؤلف ـ جامعة موسكو ١٩٧٤م٠

٢ ـ العالم الجديد مجلة التنمية والبيئة ـ العدد ٣١ يونيو ١٩٨٩ م ٠

٣ ـ مجلة الثقافة العالمية العدد ٤٥ مارس ١٩٨٩م ٠ والعدد ٤٦ مايو ١٩٨٩م ٠

٤ ـ مجلة العلم والتكنولوجيا ـ العدد الرابع والتاسع٠

٥ ـ تساؤلات كونية تأليف يمنى زهار منشورات دار الآفاق الجديدة ـ بيروت ١٩٨٣ م ٠

الفهرس

صدر من هذه السلسلة :

١ ـ الكومبيوتر	تأليف	د ٠ عبد اللطيف أبو السعود
٢ ـ النشرة الجوية	تأليف	د ٠ محمد جمال الدين الفندى
٣ ـ القمامة	تأليف	د ٠ مختار العلوجى
٤ ـ الطاقة الشمسية	تأليف	د ٠ ابراهيم صقر
٥ ـ العلم والتكنولوجيا	تأليف	د ٠ محمد كامل محمود
٦ ـ لعنة التلوث	تأليف	م ٠ سعد شعبان
٧ ـ العلاج بالنباتات الطبية	تأليف	د ٠ جميلة واصل
٨ ـ الكمياء والطاقة البديلة	تأليف	د ٠ محمد نبهان سويلم
٩ ـ النهر	تأليف	د ٠ محمد فتحى عوض الله
١٠ـ من الكومبيوتر الى السوبركومبيوتر	تأليف	د ٠ عبد اللطيف أبو السعود
١١ـ قصة الفلك والتنجيم		د ٠ محمد جمال الدين الفندى
١٢ـ تكنولوجيا الليزر	تأليف	تأليف : د٠ عصام الدين خليل حسن
١٣ـ الهرمون	تأليف	د٠ سينوت حليم دوس
١٤ـ عودة مكوك الفضاء	تأليف	م٠ سعد شعبان
١٥ـ معالم الطريق	تأليف	د. سعدالدين الحنفى ابراهيم
١٦ـ قصص من الخيال العلمى	تأليف	رؤوف وصفى
١٧ـ برامج للكمبيوتر بلغة البيزيك	تأليف	د٠ عبد اللطيف ابو السعود
١٨ـ الرمال بيضاء وسوداء وموسيقية	تأليف	د ٠ محمد فتحى عوض الله
١٩ـ القوارب للهواة	تأليف	شفيق مترى

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب

رقم الايداع بدار الكتب ١٩٩١/٨٣١٦

ISBN — 977 — 01 — 2844 — 9

عندما يحدث نقص لغاز الأوزون فى الغلاف الجوى ، تزداد شدة سقوط الأشعة فوق البنفسجية على سطح الأرض وبذلك تزداد أمراض العيون وسرطان الجلد ولهذه الأشعة تأثير ضار وفتاك على الأسماك والأشجار والنباتات وغيرها من الأحياء .. ويمتد هذا التأثير إلى إتلاف إطارات السيارات والمواد البلاستيكية وكذلك الملابس المصنعة من البتروكيماويات .

وفى هذه الدراسة يحاول المؤلف تقديم تفسير لظاهرة النقص فى غاز الأوزون

١٥٠ قرشا

مطابع الهيئة المصرية العامة للكتاب